



## **Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer**

Status ultimo december 1984

**Forskningscenter Risø, Roskilde**

*Publication date:*  
1985

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Forskningscenter Risø, R. (1985). *Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer: Status ultimo december 1984*. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. Risø-M No. 2514

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

DK 8500149

Risø-M-2514

Risø-M-2514

RISØ

# **Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer**

Status ultimo december 1984

**Forsøgsanlæg Risø, DK-4000 Roskilde  
Juli 1985**

RISØ-M-2514

RISØS INDSATS I FORBINDELSE MED ENERGIMINISTERIETS  
FORSKNINGSPROGRAMMER

Status ultimo december 1984

Abstract

Risø har siden 1978 haft ansvaret for mange projekter under de energiministerielle forskningsprogrammer. I denne rapport gives en status for de igangværende projekter samt en omtale af en række afsluttede, dels ved en almen beskrivelse af arbejdet, dels ved en summarisk omtale af de opnåede resultater. En nøjere gennemgang af mange projekter kan findes i referencelisten. Sluttelig omtales Risøs bidrag til organisation og administration af energiforskningsprogrammerne.

INIS descriptors: ENERGY, RESEARCH PROGRAMS, RISØE  
NATIONAL LABORATORY

Juli 1985

Forsøgsanlæg Risø, DK-4000 Roskilde

ISBN 87-550-1127-6

ISSN 0418-6435

Risø Grafisk Servicecenter 1985

INDHOLDSFORTEGNELSE	Side
INDLEDNING . . . . .	7
Status for Risøs EM- og EFP-aktiviteter . . . . .	7
2. INDUSTRIELLE PROCESSER OG APPARATER	
2.1. Udvikling og afprøvning af prototype af Risø-ultrafiltreringsmodul i industriel størrelse . . . . .	9
2.2. Anvendelse af termopervaporationsprocesser til adskillelse af vand-alkohol blandinger . . . . .	12
3. ENERGIANVENDELSE I JORDBRUGSSEKTOREN	
3.1. Kvælstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding . . . . .	13
4. ENERGIANVENDELSE I TRANSPORTSEKTOREN	
4.1. Trykbeholder i fiberforstærket plast . . . . .	15
5. OLIE OG NATURGAS	
5.1. Udvikling af EDB-model, MULTWO, for olie/gas to-fase strømning i rørledninger . . . . .	23
5.2. Reservoirsimulering m.v. . . . .	26
5.3. Etablering af PVT-laboratorium og karakteriseringslaboratorium . . . . .	28
5.4. Korrosions- og udmattelsespåvirkninger af stålkonstruktioner . . . . .	29
6. KUL	
6.1. Forundersøgelse vedrørende tryksat fluid-bed kulforbrænding, PFBC . . . . .	31
6.2. Miljømålinger og svovlabsorptionsforsøg på Skanderborg Fjernvarmeværks fluid-bed anlæg . . . . .	33
6.3. Kulforbrænding i cirkulerende fluid-bed . . . . .	35
6.4. Udvikling af EDB-model til vurdering af miljøeffekter ved forskellige energiforsyningsalternativer . . . . .	37
6.5. Højtemperaturkorrosion - Metal Dusting . . . . .	40
6.6. Karakterisering af polycyklisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg . . . . .	41

	Side
7. URAN	
7.1. Uranmineralisering i Sydgrønland (projekt SYDEX) . . . . .	42
8. FUSION	
8.1. Det generelle fusionsforskningsprogram på Risø . . . . .	43
8.2. Pilleinjektion . . . . .	44
10. VINDENERGI	
10.1. Vindkraftteknologisk F & U arbejde . . . . .	45
10.2. Levetider og ekstremlastninger . . . . .	47
10.3. Normarbejde for konstruktion af mindre vind- møller . . . . .	47
10.4. Strømning over bakker . . . . .	48
10.5. Målinger på Nibe møllerne . . . . .	51
10.6. Kompositmaterialer . . . . .	52
13. VARMEPUMPER	
13.1. Gasdrevet varmepumpe . . . . .	53
14. FYRINGS- OG FORBRÆNDINGSTEKNIK	
14.1. Laserbaseret målemetode til in-situ størrel- ses- og hastighedsbestemmelse af røgpartikler	54
15. ENERGILAGRING	
15.1. Undersøgelse af lithiumlegeringer . . . . .	56
15.2. Lithiumanoder . . . . .	58
15.3. SO <sub>3</sub> batterier . . . . .	58
15.4. Materialeforskning til batterier og brændselsceller . . . . .	59
15.5. Varmelagring i grundvandsreservoir . . . . .	59
15.6. Sikkerhedsvurdering af metalhydrid i energilagring . . . . .	60
15.7. Kemisk energilagring ved hjælp af metal- hydrider . . . . .	62

	Side
<b>18. UDREDNINGER OG DOKUMENTATION</b>	
18.1. Strukturelle ændrings betydning for det danske energiforbrug . . . . .	63
18.2. Systemanalyse vedrørende kul og kernekraft	65
18.3. Teknisk-økonomisk prognosemodel for indu- striens energiforbrug . . . . .	66
18.4. EDB-registrering af dansk FoU . . . . .	69
18.5. Information . . . . .	70
RESSOURCER . . . . .	71
RISØ REPRÆSENTATION I STYREGRUPPER . . . . .	74
REFERENCELISTE . . . . .	75
APPENDIX . . . . .	79

## INDLEDNING

Udbygningen af dansk energiforskning er siden 1976 sket gennem 2 handelsministerielle og 5 energiministerielle programmer, hvortil der er bevilget 859 millioner kroner. Energiministeriets forsøgsanlæg Risø har som projektledende institution fået ansvaret for ca. 16% af disse midler og som projektdeltager for yderligere ca. 1% af bevillingerne.

Risøs engagement i energiforskningsprogrammerne spænder over et bredt felt, og her gives en beskrivelse af aktiviteterne i fortsættelse af tidligere beskrivelser, ref. 1.1. og 1.2, således som de har udviklet sig i 1984.

Risø har løbende bidraget til den organisation, der planlægger, styrer og vurderer programmerne. Dette engagement omtales også kort.

Overvejelser vedrørende Risøs faglige og organisatoriske baggrund for at påtage sig forskningsprojekter i forbindelse med de energiministerielle forskningsprogrammer samt om Risøs mulige indsatsområder i de kommende programmer er ikke behandlet i denne faglige statusrapport. Disse overvejelser finder løbende sted i forbindelse med Risøs programlægning.

## STATUS FOR RISØS EFP-AKTIVITETER

I det følgende gives først en række beskrivelser af de projekter, der gennemføres på Risø som dele af de energiministerielle programmer. Dernæst bringes en række oplysninger om de ressourcer, der er tildelt aktiviteterne fra energiforskningsprogrammerne.

For overskuelighedens skyld er aktiviteterne grupperet, opstillet og nummereret i den rækkefølge, som normalt benyttes i EFP-planer. Inden for de enkelte hovedområder er projekterne stort set opstillet kronologisk med de ældste først.



Mange projekter har været omtalt i de tidligere statusrapporter (ref.1.) og er derfor kun omtalt summarisk her. Nyere projekter har fået en mere detaljeret omtale. Endelig er enkelte afsluttede projekter blevet udførligt beskrevet med resume af de væsentligste resultater. For mange projekters vedkommende kan mere udførlig information hentes i de tilhørende referencer.

Det vil fremgå af beskrivelsen af projekterne og af referencelisten, at selvom hovedvægten af indsatsen er lagt på energiudvinding, -konvertering, -lagring og -anvendelse, så spiller den miljømæssige side af forskningen en ikke uvæsentlig rolle, både hvad angår forbrændingsprocessen, spredning af forbrændingsprodukter og de kemiske forhold i jordbunden.

Det skal sluttelig bemærkes, at de beskrevne aktiviteter kun vedrører energiforskningsprogrammerne til og med EFP-84.

Det skal bemærkes, at der i en rapport som denne, som berører et stort spektrum af fagdiscipliner, bruges en mængde fagudtryk, specifikke for den pågældende disciplin. Anvendelsen anses for nødvendig for at give en nøjagtig beskrivelse af emnet. I nogle tilfælde er disse udtryk og forkortelser forklaret, men teksten ville blive meget tung, hvis der i alle tilfælde skulle indføjes en forklaring.

Risøs andel i EFP-85 omtales kort i appendix.

ENERGIANVENDELSE +)

+ ) 2. Industrielle processer og apparater

2.1. Udvikling og afprøvning af prototype af Risø-ultrafiltreringsmodulet i en industriel størrelse.

Ultrafiltreringsprocessen benyttes i dag industrielt til opkoncentrering af makromolekylære stoffer og emulsioner samt til adskillelse af disse fra lavmolekylære stoffer i opløsning. Processen benyttes for eksempel i levnedsmiddelindustrien (bl.a. til opkoncentrering af mælk til yoghurt og ostefremstilling), i den pharmaceutiske industri og i automobilindustrien (fx. til oprensning og genanvendelse af olieforurenede detergentholdigt vaskevand). De potentielle anvendelsesmuligheder er dog stadig langt fra udtømte.

Kernen i det apparatur, der benyttes til ultrafiltrering er filteret (kaldet membranen), med hvilken adskillelsen af makromolekyler fra opløsningsmiddel og lavmolekylære stoffer sker, idet opløsningsmiddel og lavmolekylære stoffer i modsætning til makromolekylære stoffer er i stand til at passere igennem membranen.

For at kunne udnytte denne funktion må membranen indbygges i et apparatur, der tillader, at væsken bliver ledt til (fødeblandingen) og fra (koncentratet) membranoverfladen og under tryk kan strømme hen over denne, samt at den del, der passerer igennem membranen (permeatet), kan ledes bort. Et sådant apparatur kaldes et modul og vil til almindelige industrielle formål typisk indeholde 20 m<sup>2</sup> membranareal.

---

+ ) Titlen og nummer på afsnit følger EFP praksis.

Det egentlige termodynamiske adskillelsesarbejde ved processen er selvfølgelig produktet af det væskevolumen, der går igennem membranen (permeatet) og det trykfald, der sker igennem membranen.

Ved ultrafiltrering er man imidlertid, for ikke at få tilstoppet membranen, nødt til at lade væsken strømme så hurtigt hen over tryksiden af membranen fra fødeblandingssiden til koncentrationsiden, at energiforbruget ved denne strømning fuldstændig dominerer processens totale energiforbrug. Det fremgår heraf, at de hydrodynamiske forhold på tryksiden i det modul, membranen er indbygget i, er altafgørende for processens energiøkonomi, idet det er produktet af strømningshastigheden af fødeblanding på koncentrationsiden og friktionstryktabet ved denne strømning (strømningstryktabet), der bestemmer energiforbruget.

En mindskelse af strømningstryktabet vil altså mindske energiforbruget, men vil ligeledes betyde en væsentlig forbedring af både procesreguleringsmulighederne og membranarealudnyttelsesgraden, idet man får et mere konstant trykniveau i modulet.

I maj 1984 påbegyndtes et EFP-projekt med det formål at udvikle og afprøve et ultrafiltreringsmodul af "plate and frame" typen, men med et strømningstryktab, der er væsentlig lavere end strømningstryktabet i eksisterende moduler af samme type.

Projektet, der gennemføres i samarbejde med konstruktionsafdelingen og løber til og med 1986, er baseret på et tidligere udviklet idegrundlag (se fig. 1.) og en afprøvning i laboratoriemålestok.

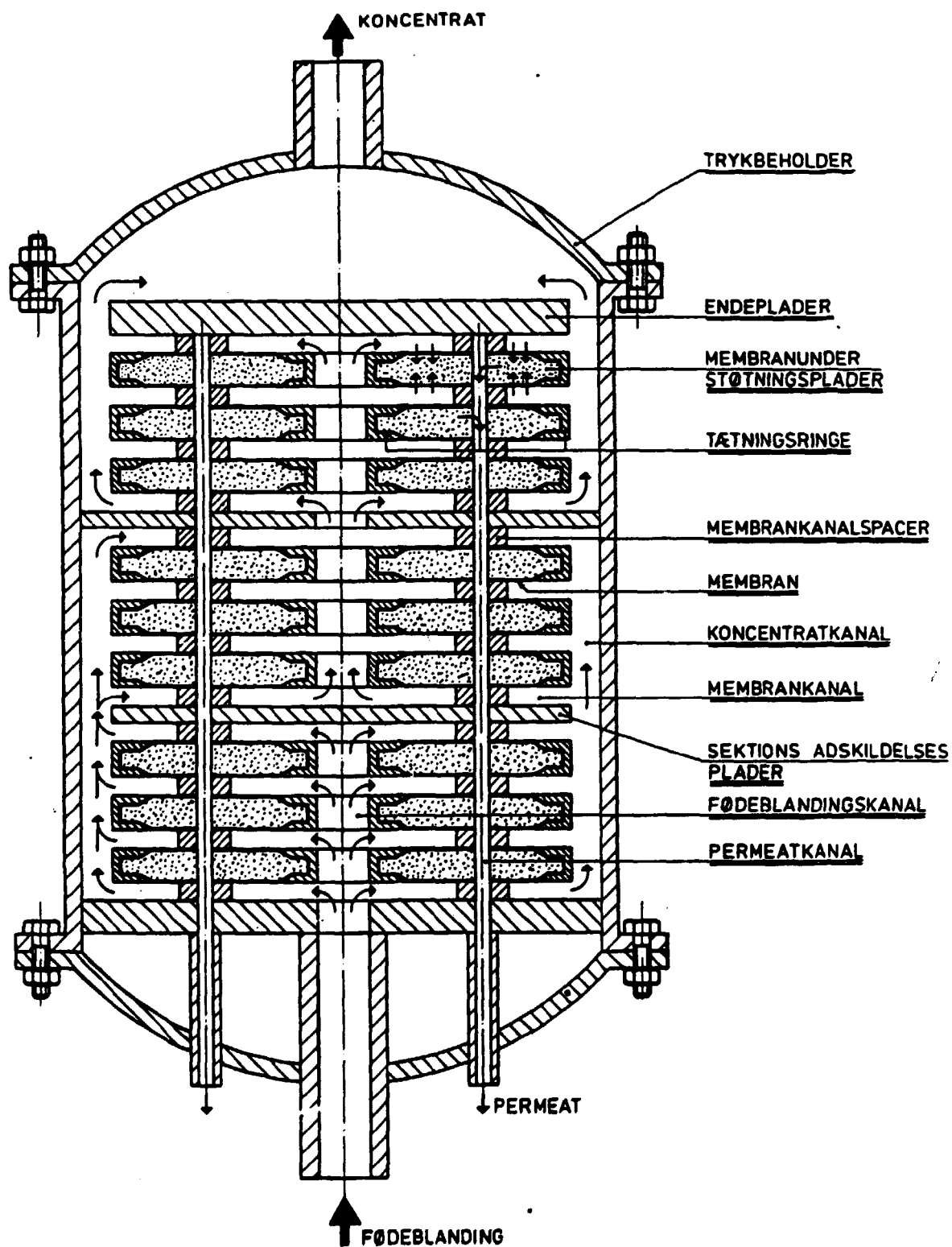


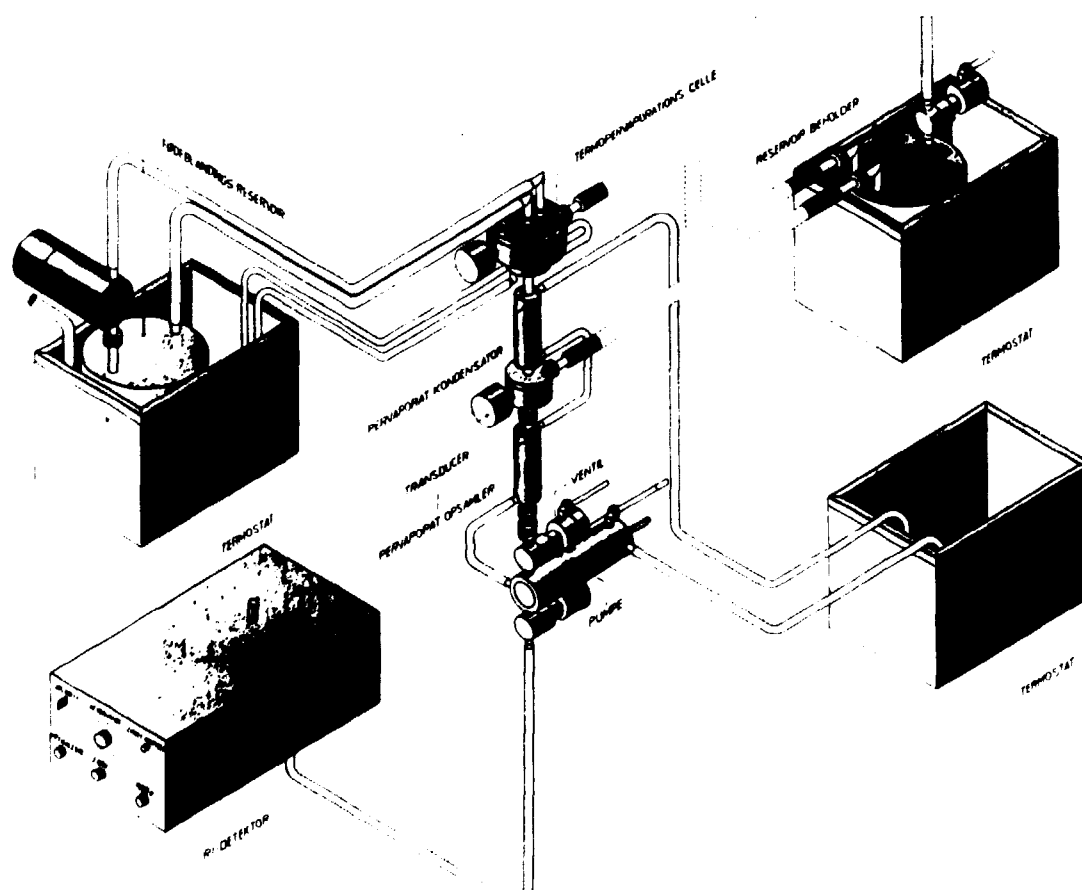
Fig.1. ULTRAFILTRERINGSMODUL  
PRINCIPSKITSE

## 2.2. Anvendelse af termopervaporationsprocesser til adskillelse af vand-alkohol blandinger.

EFP-projektet, der er påbegyndt i oktober 1983, har som formål at finde membranmaterialer, der er velegnet til at adskille vand-alkoholblandinger ved termopervaporation, at belyse de tekniske problemer ved processen, samt at give en bedømmelse af de teknisk industrielle udviklingsmuligheder.

Projektet er i den eksperimentelle fase med afprøvning af membranmaterialer, og der arbejdes med løsningsmodeller omkring den mulige tekniske udformning af processen.

Projektet afsluttes med udgangen af 1985, men vil blive søgt fortsat med et projekt omkring afprøvning af en mulig teknisk udformning.



Apparatur til termopervaporation

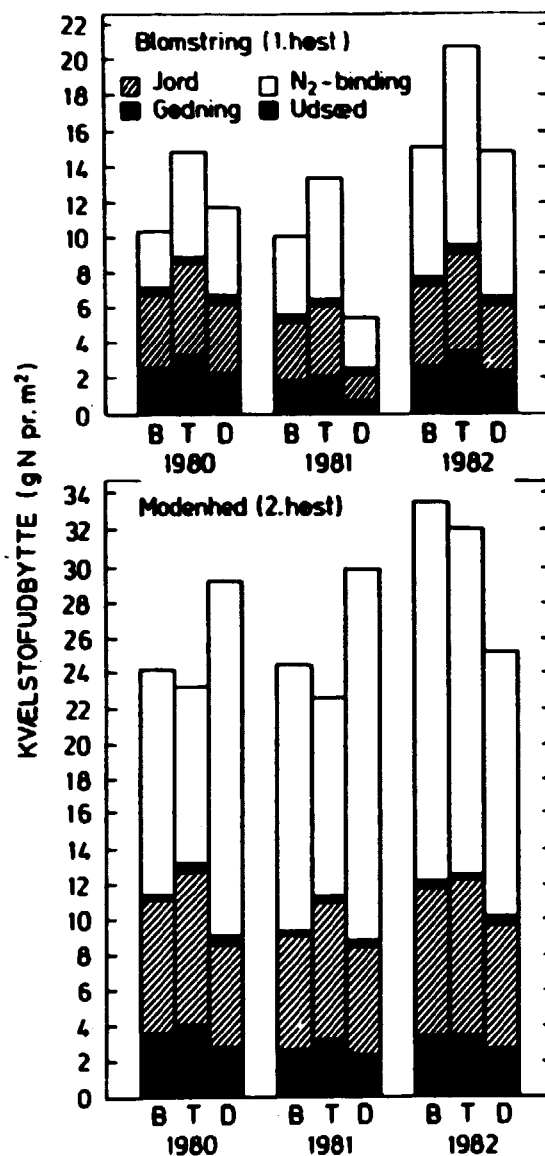
### 3. Energianvendelse i jordbrugssektoren

#### 3.1. Kvælstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding

Projektet vedrørende symbiotisk kvælstofbinding er fortsat med økonomisk støtte fra Energiministeriets forskningprogram. Hovedformålet er at skaffe ny viden og at anvise metoder for en bedre udnyttelse af bælgplanter med symbiotisk kvælstofbinding i planteavl. Dette har stor interesse i forbindelse med et generelt ønske om begrænsning af forbruget af handelsgødning, hvorved der vil kunne opnås en betydelig nedsættelse af planteproduktionens energiforbrug. Resultater fra projektet vil ligeledes kunne udnyttes under eventuelle vanskelige forsyningsforhold for handelsgødning.

Projektet har i de første fire år (1980-83) hovedsageligt omfattet en række praktiske aspekter, hvoraf kan nævnes 1) indflydelse af varierende tilførsel af N-gødning på den symbiotiske  $N_2$ -binding hos ært, 2) fordele og ulemper med samdyrkning af ært og korn, 3) eftervirkning af bælgplanter. Desuden er symbiosen mellem rodknoldbakterier (*Rhizobium*) og værtsplanten belyst i en række fysiologiske undersøgelser.

Hovedparten af de opnåede resultater er publiceret i rapporter, der er nævnt i referencelisten. Som eksempel på omfanget af den symbiotiske kvælstofbinding vises i omstående illustrationer resultater fra tre års forsøg med ært og hestebønne. Ved hjælp af den stabile  $^{15}N$ -isotop er det beregnet, hvorfra kvælstoffet i de høstede afgrøder stammer. På figuren ses, at allerede omkring blomstring udgør den symbiotiske  $N_2$ -binding ca. halvdelen af totalkvælstoffet. Ved modenhed udgør den symbiotiske  $N_2$ -binding i gennemsnit af de første tre år 60, 51 og 66% af total N i de overjordiske plantedele af kogeært, foderært og hestebønne, hvilket svarer til henholdsvis 165, 136 og 187 kg N pr. ha.



Bidrag fra symbiotisk N<sub>2</sub>-binding, gødnings-N, Jord-N og udsæds-N i overjordiske plantedele af de tre frøbælgplanter: "Bodil" kogeært (B), "Timo" foderært (T) og "Diana" hestebønne (D) ved blomstring/tidlig bælgfyldning og modenhed. 50 kg N pr. ha. tilført som nitrat. 1980-1982.

#### 4. Energianvendelse i transportsektoren

##### 4.1. Trykbeholder i fiberforstærket plast

Et af de første anvendelsesområder for fiberforstærkede plastmaterialer i en konstruktion eller komponent, der er belastningskritisk, dvs. hvor materialets styrke og ikke dets stivhed er bestemmende, var små trykbeholdere. Det drejede sig i alt væsentligt om trykbeholdere til fly- og rumfartsindustri og var oftest metalbeholdere forstærket med fiberforstærket plast eller kompositbeholdere med metalforing. Levetid og økonomi har ved disse anvendelser ikke været kritiske, ofte er der tale om eensangsanvendelser. Den reducerede vægt af beholderen sammenlignet med konventionelle metalbeholdere har været en væsentlig grund til at benytte fiberforstærkede beholdere, en vægtbesparelse på 50-75% er almindelig.

En lignende vægtreduktion kan opnås for trykbeholdere til andre anvendelser, og da fiberforstærkede beholdere forventes at byde på andre fordele sammenlignet med konventionelle beholdere (bl.a. bedre udmattelsesegenskaber, sikrere brudforløb), er det nærliggende at undersøge mulighederne for andre anvendelser. Finansieret af EFP-83 midler påbegyndtes derfor på Risø's metallurgiafdeling et projekt vedrørende udvikling af større trykbeholdere i fiberforstærket plast. Som anvendelsesområde sigtede man på opbevaring af komprimerede gasser samt på energilagring. Voluminet var 10-100 liter, og trykområdet varierede fra 1-40 MPa (10-400 bar), idet energilagringen krævede de højeste tryk.

Som konkret beholder blev der ret tidligt i projektet valgt at satse på en glasfiberforstærket epoxy-beholder, der tænkte anvendt til lagring af bremseenergi i en såkaldt hybridbus. Driftbetingelserne og dermed beregningsgrundlaget er for denne anvendelse følgende:

Maximalt tryk: 35 MPa (350 bar)

Temperaturområde, medium: -60° til + 65°C

" , omgivelser: -20° til +40°C

Levetid:  $1.2 \cdot 10^6$  lastvekslinger

Udvendig diameter: < 0.3 m.



Trykbeholderen er udformet traditionelt som en cylindrisk beholder med kuplede endebunde. Åbningen til beholderen er placeret i centrum af endebundene (fig. 5).

Det cylindriske svøb kan dimensioneres relativt enkelt under forudsætning af, at indvirkningen fra endebundene kan negligeres. Betegnes vinklen mellem cylinderens omdrejningsakse og fibrene med  $\theta$ , vil den optimale viklevinkel for glasfiber/epoxy være ca.  $56^\circ$ , hvilket for et tryk på 35 MPa vil kræve en godstykkelse på 25 mm for en udvendig diameter 0.2 m.

Af fremstillingstekniske grunde er det imidlertid ikke hensigtsmæssigt at benytte denne vinkel gennem hele godstykkelsen. Det er nødvendigt at kombinere et antal forskellige vinkler i cylinderdelen, hvorved såvel endebundenes fibervinkler som godstykkelse er bestemt. For en given kombination af fibervinkler og godstykkelse foretages en axesymmetrisk finite-element analyse. Fig. 1 viser netinddelingen for en af de tidligere varianter med en ellipseformet endebund og 3 forskellige fibervinkler på det cylindriske svøb, nemlig  $10^\circ$ ,  $45^\circ$  og  $55^\circ$ .

I overgangen mellem svøb og endebund introduceres bøjnings-spændinger, som er afhængige af endebundens form. For en tyndvægget endebund kan man foreskrive en form, der giver ensartet belastning overalt i endebunden, en såkaldt isotensoid. Formen er afhængig af viklevinklen på den cylindriske del, og i fig. 2 er vist eksempler på en isotensoid facon for endebunde for forskellige fibervinkler. For hver vinkel eksisterer en mindste radius for viklingen på endebunden, dvs. åbningen i endebunden er bestemt af den mindste vinkel, der benyttes på cylinderdelen.

For prøvebeholderen med en indvendig diameter på 200 mm har man valgt en fibervinkel på  $13^\circ$ , hvilket giver en åbningsdiameter på 45 mm.

Beholderens cylindriske svøb er i prøvebeholderen gjort så langt, at indvirkningen fra endebundene teoretisk er forsvundet i midten af beholderen, og længden af den cylindriske del er 0.28 m. Den totale indvendige længde i beholderen er 0.4 m, og prøvebeholderens volumen er 19 liter.

Trykbeholdere fremstilles ved vikleteknik, og metallurgiafdelingen har opbygget en numerisk styret viklemaskine, som kan udføre vikling på vilkårlige omdrejningslegemer. Maskinen skal for hver enkelt opgave have oplysning om viklemønster, der læses ind som en tabel med oplysninger om rotation af emnet, og aksialbevægelse af trådføringsmekanismen. Et eksempel på en simuleret vikling af en cylindrisk beholder med sfæriske endebunde og en  $45^\circ$  vikling er vist i fig. 3. Ved denne vikleinkel er åbningen i endebunden relativ stor, 0.71 gange beholderens yderdiameter.

Fremstilling af prototypebeholderen i viklemaskinen sker i flere trin. Den udvendige kontur er som nævnt fastlagt ud fra en isotensoid med  $13^\circ$  vikleinkel, og en aluminiumsdorn med denne kontur og en tilsvarende cylindrisk del benyttes ved vikling af en tynd skal med  $13^\circ$  fibervinkler. Efter hærkning skæres denne op langs omkredsen midt på cylinderdelen og fjernes fra dornen, og efter isætning af endefittings (aluminium) limes skallen igen sammen. Fig. 4 viser denne færdige indvendige skal, som nu benyttes som vikledorn for den endelige beholder. Fig. 5 viser en færdig beholder med 6 mm godstykkelse i svøbet, hvoraf 2 mm er viklet med  $90^\circ$  og 4 mm med  $13^\circ$ .

Endebundens godstykkelse stiger kraftigt ind mod omdrejningsaksen og er afhængig af vinklen på den cylindriske del samt af antal overkrydsninger under selve viklingen.

Til afprøvning af prototypebeholderne er der i forbindelse med projektet opbygget udstyr for udmattelsesprøvning med

efterfølgende trykprøvning til brud op til maksimalt 140 MPa (1400 bar). Udstyret omfatter en hydraulisk pumpe, styreventiler, rørtilslutning samt en temperaturreguleret box, hvori prøvebeholderen placeres. Afprøvningen kan ske ved temperaturer fra  $-20^{\circ}$  til  $+65^{\circ}\text{C}$ , og tryksætningen sker udelukkende med væske.

Ved prøvning placeres den hydrauliske pumpe i en trækprøvemaskine, og dennes styresystem benyttes ved udmattelsesprøvning og ved trykprøvningen til brud. Det har endnu ikke været muligt at prøve de store beholdere til brud på grund af andet arbejde i prøvesalen, men udstyret er afprøvet på mindre fiberforstærkede rør.

Inden for rammerne af EFP-83 projektet har man kun set på een enkelt beholdertype til et specifikt formål. Såvel design som udstyr til fremstilling og afprøvning af prototype er generelt brugbart ved andre anvendelser af fiberforstærkede trykbeholdere til lavere tryk.

Ved anvendelse af naturgas som drivmiddel til biler benyttes i dag stålbeholdere med tryk på henholdsvis 17 MPa (167 bar) og 22 MPa (220 bar) (New Zealand og Italien). En beholder på 75 l til disse tryk vejer 70 kg. En glasfiber/epoxy beholder til disse tryk, designet og fremstillet som prototypebeholderen, vil veje ca. 37 kg.

Til disse og lignende anvendelser er der såvidt vides endnu ikke kommercielt tilgængelige beholdere på markedet. I forbindelse med projektet blev der aflagt besøg hos ASEAPLAST i Piteå, Sverige, som ligeledes arbejder på udvikling af trykbeholdere, men ved besøget (april 1984) havde man hverken et færdigt design eller en prototype. Man arbejdede bl.a. på beholdere til militære anvendelser, samt på beholdere til lavere tryk til civile formål (herunder trykluftbeholdere til biler).

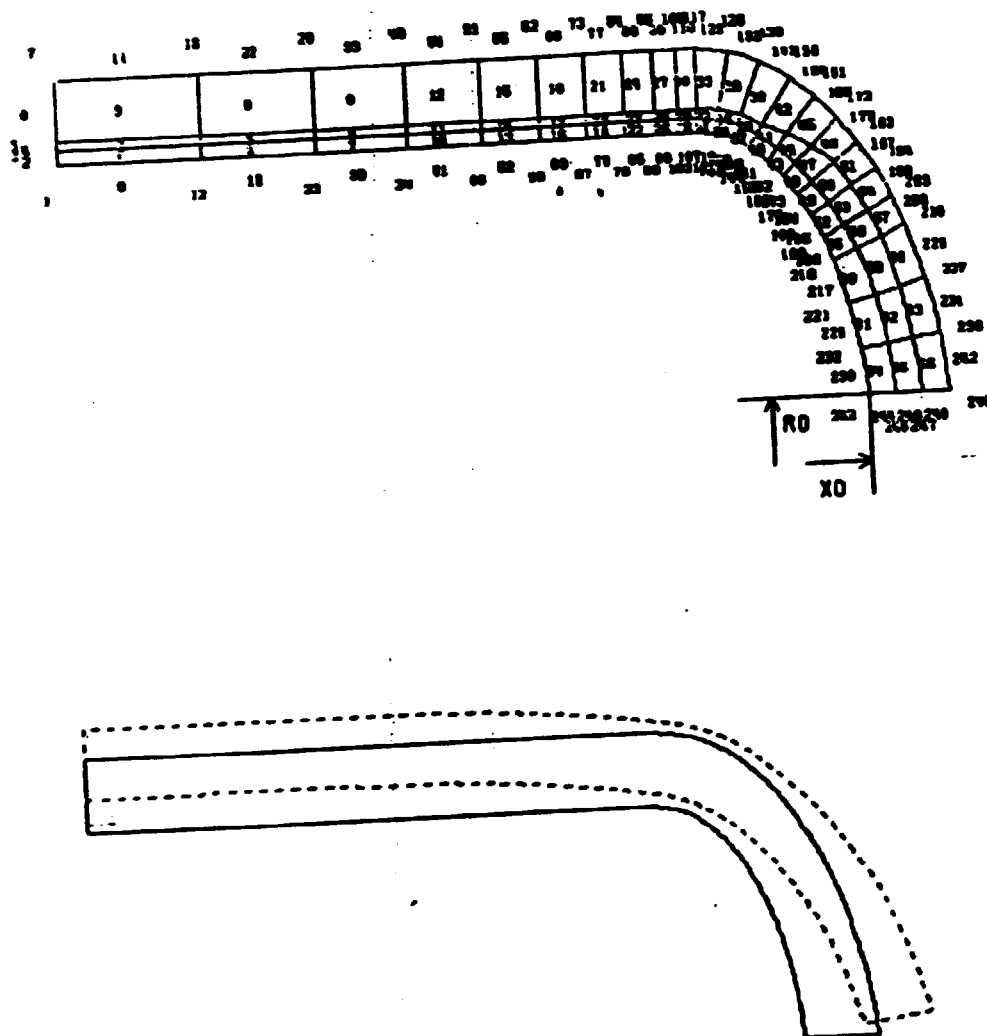


Fig. 1. Finite-element net for trykbeholder samt beregnede deformation ved indre tryk

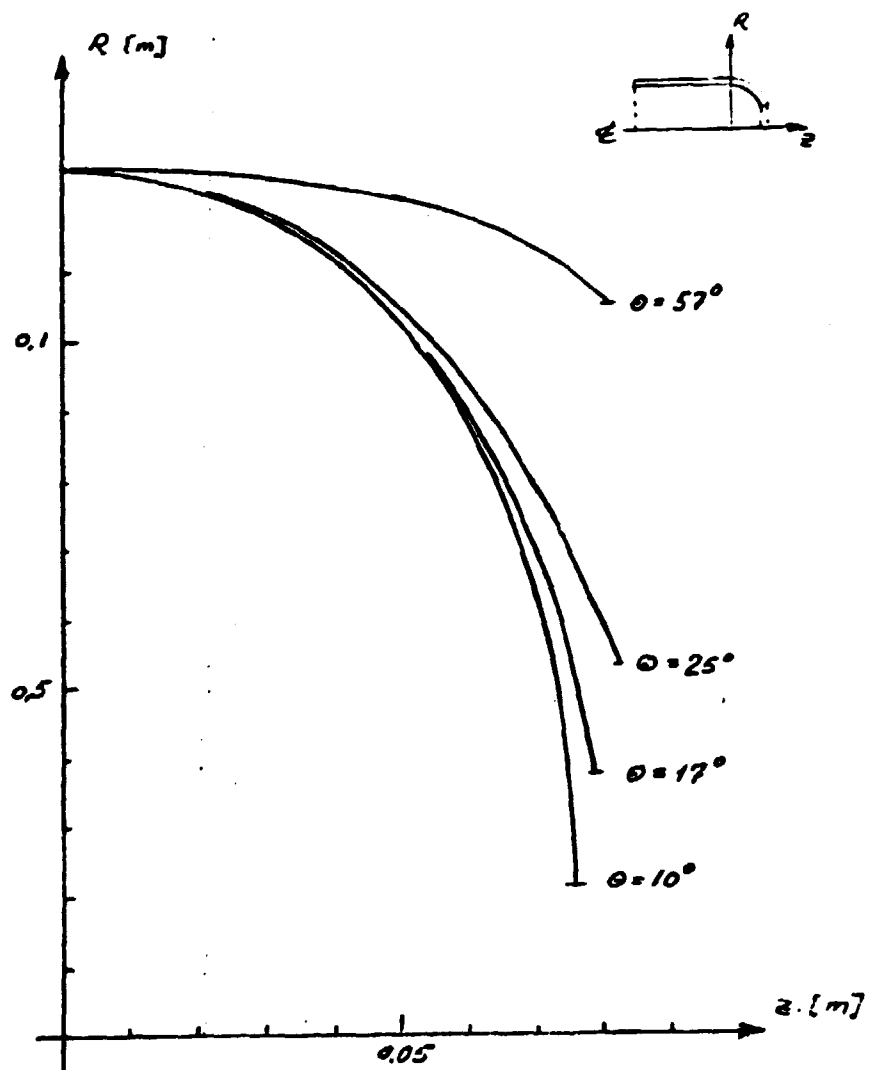


Fig. 2. Beregnede isotensoid endbundsform for forskellige viklevinkler på cylinderdel.

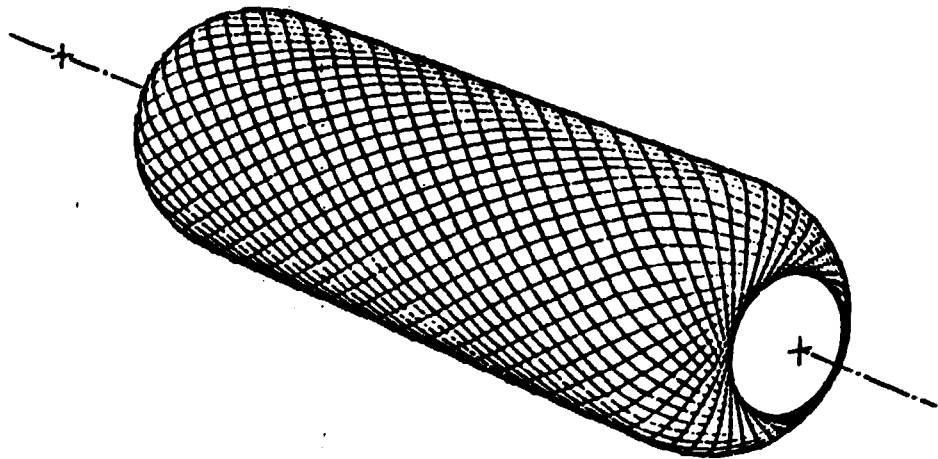


Fig. 3. Viklemønster på cylindrisk beholder + 45°C



Fig. 4. Indvendig skal for prototypebeholder.

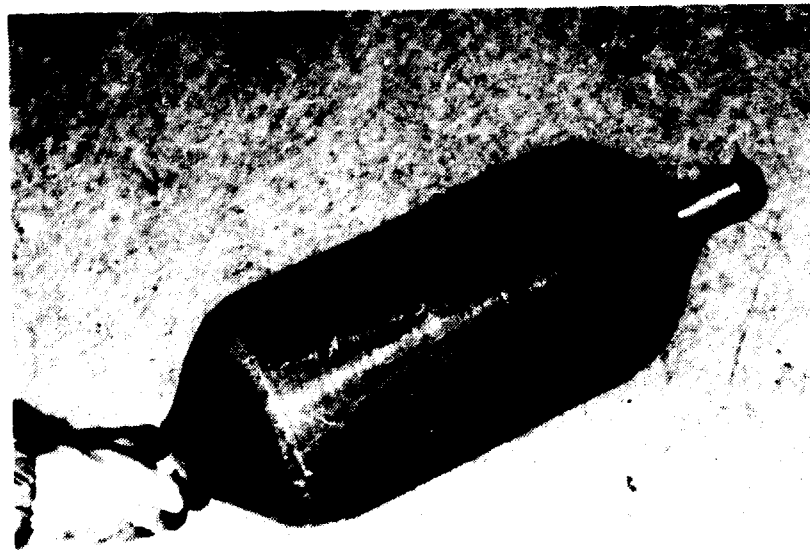


Fig. 5. Prototypebeholder.

## 5. Olie og naturgas

### 5.1. Udvikling af EDB-model, MULTWO, for olie/gas to-fase strømning i rørledninger

Med udgangspunkt i et udredningsstudie udført under EFP-83 har energiteknikafdelingen påbegyndt en model-udvikling for olie/gas to-fase strømning i rørledninger. Udviklingsarbejdet foregår i samarbejde med det rådgivende ingeniørfirma LICconsult A/S og Institut for Kemiteknik, DTH.

Udviklingen af en sådan to-fase strømningsmodel er begrundet i en stigende anvendelse af olie/gas to-fase rørledninger, dvs. olie og gas i samme rør, ved off-shore olie/gas felter. Denne teknik muliggør en mere økonomisk udbygning af felterne til produktionsbrug end tidligere, idet to-fase rørledninger fører ubehandlet olie/gas fra en række brønde/borehuller til en central behandlingsplatform med separations- og pumpeudstyr i stedet for at anlægge sådanne ved hver brønd.

To-fase strømning kompliceres bl.a. af forekomsten af forskellige strømningsmønstre: lagdelt-, boble, annulær strømning, slug flow etc. Slug flow, der består af skiftevis væske og gas-"propper", udgør en betydelig risiko for ødelæggelse af pumpe og separationsudstyr. Et væsentligt formål med udviklingen af to-fase strømningsmodellen er beregningsmæssigt at kunne forudsige og analysere sådanne forhold.

EDB-modellen MULTWO er i 1984 udviklet til en version med følgende karakteristika:

- To-fluid model, dvs. med dynamisk beskrivelse af både væske- og gasbevægelse.
- Kompositionel beskrivelse af både væske og gas, dvs. opsplitning på forskellige kulbrintekomponenter som metan, ethan, propan, etc.

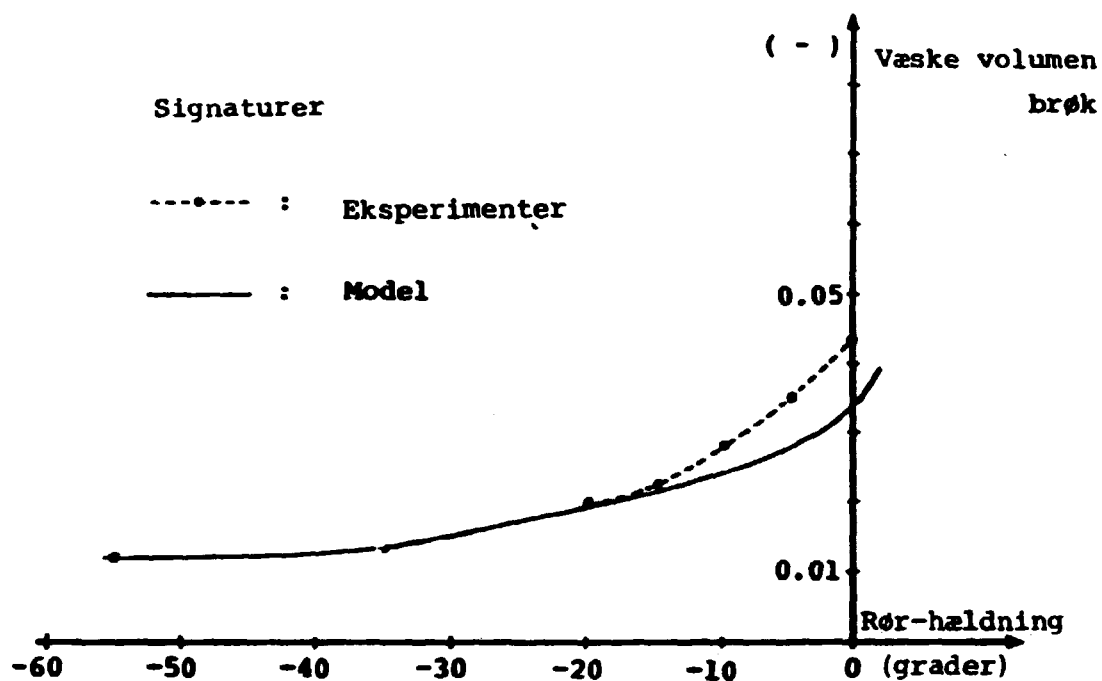


- Ens temperatur og tryk i gas og væske.
- Beregning af olie- og gas egenskaber (massefylde, viskositet, etc.) ud fra tryk, temperatur og komponent-sammensætning.
- Fuld tidsafhængig beskrivelse, dvs. at variationer af tryk, temperatur og sammensætning med tid og sted beregnes løbende ud fra balanceligninger, er altså principielt forskellige fra værdierne ved rørløb.
- Indeholder detailmodeller for varmeovergang fra rørvægge til gas/væske og for fordampning/kondensation for hver komponent.
- Indeholder simplificerede detailmodeller for strømningsmønstre og friktion.

Samtidig med udviklingen af selve EDB-modellen er der blevet opstillet et "katalog" over mere avancerede detailmodeller for strømningsmønstre og friktion til erstatning af de simplificerede. Kataloget indeholder blandt andet nyudviklede detailmodeller for lagdelt og annulær strømning samt slug flow (udviklet af LICconsult). Som det ses af figuren på side 25, er modellen for lagdelt strømning blevet testet mod eksperimentelle data med godt resultat.

Endelig er der i tilknytning til udviklingsprojektet blevet startet et licentiatstudium vedrørende de fundamentale fluid- og termodynamiske effekter i slugging.

Udviklingsprojektet er nøjere beskrevet i reference 5.8.



Sammenligning mellem model for lagdelt strømning og eksperimentelle data.

Vækestrøm =  $22.6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ , gasstrøm =  $41.2 \text{ kg/m}^2\text{s}$ .

Eksperimenterne er udført med vand/luft ved 1 atm. i 1.5" rør af Beggs (Tulsa Universitet, Oklahoma).

## 5.2. Reservoirsimulering m.v.

Formålet med de her omtalte projekter har været at bidrage til en øget viden om de danske kulbrinteforekomster med henblik på en effektiv indvinding og udnyttelse af disse.

EDB-modeller for reservoirsimulering anvendes til en beregning af produktionsforløbet for olie og gasfelter herunder bestemmelsen af indvindingsgraden ved forskellige indvindingsstrategier. Beregninger under varierende forudsætninger vedrørende feltudbygning og indvindingsmetoder er en del af grundlaget for fastlæggelsen af den optimale udnyttelse af olie- og gasforekomsterne.

De høje oliepriser kombineret med voksende edb-kapacitet har ført til en øget anvendelse af reservoirsimulatorer. Hertil kommer et behov for mere avancerede simulatorer, blandt andet til beskrivelse af en række indvindingsforbedrende metoder.

Det første af en serie projekter vedrørende reservoirsimulering startede i 1981 i et tæt samarbejde mellem Risø og laboratoriet for energiteknik, DTH. Projekterne har været finansieret over midler fra EFP-81, 82, 83 og 84 samt Akt. 118 med supplerende finansiering fra Risøs basisbevilling.

Med henblik på at udnytte og integrere eksisterende viden ved andre danske institutioner er der etableret et samarbejde med Energistyrelsen, DGU, D.O.N.G., Cowiconsult samt en række institutter ved DTH. Samarbejdet formidles blandt andet gennem en referencegruppe med deltagelse fra de oven for nævnte. Der er desuden etableret gode kontakter til en række udenlandske institutioner.

Arbejdet i Risøs reservoirgruppe i 1984 kan kort summeres som følger:

- Enkeltbrøndsstudier for DAN-feltet.
- Afprøvning og modificering af en 3-dimensional black-oil simulator, BETA3A.
- Feltstudier for GORM-feltet med BETA3A (konsulentopgave for ENS).
- Afslutning af forundersøgelser vedrørende en basismodel, bl. a. for EOR-studier.
- Udvikling af en 1-dimensional, kompositionel reservoirsimulator.
- Matematisk formulering for basismodellen (en 3-dimensional dobbeltpermeabel kompositionel simulator).
- Fastlæggelse af programstruktur for basismodellen.
- Kodning af en række rutiner for basismodellen.
- Fortsatte studier vedrørende matematiske og numeriske metoder.
- Udbygning af brøndtestprogram udviklet hos ENS.

Med henblik på udbygning af den generelle reservoirtekniske viden har en række medarbejdere deltaget i kurser og symposier. Den nødvendige bredde og kontinuitet i Risøs arbejde vedrørende reservoirsimulering og tilknyttede petroleumstekniske emner er i øvrigt kun opnået ved, at indsatsen baseret på EFP- og Akt. 118-midler er blevet suppleret med en Risø egenindsats af samme størrelsesorden.

Uden for de energiministerielle programmer har Risø i samarbejde med DGU udviklet et edb-program, der beskriver kildebjergarters nedsynkningshistorie og temperaturhistorie med henblik på bestemmelse af modenhed. Programmet anvendes nu hos DGU.

En væsentlig del af arbejdet i 1984 er i øvrigt beskrevet i ref. 5.1 - 5.7.

### 5.3. Etablering af PVT-laboratorium og karakteriseringslaboratorium +)

I samarbejde med Kemiteknik, DtH, og kemiafdelingen på Risø oprettes der laboratorier til udførelse af PVT (pressure-volume-temperature) -analyser på råolie. På DtH etableres der PVT udstyr til bestemmelse af oliens termodynamiske egenskaber, medens der på Risø etableres et karakteriseringslaboratorium til analyse af kulbrintesammensætningen.

Der er foreløbig skabt kontakter og udvekslet prøver med Norsk Hydro, Bergen og Statoil, Stavanger.

Et halvautomatisk destillationsudstyr er anskaffet og opstillet (jvf. figur). Apparaturet er under indkøring.

Projektet fortsætter i samarbejde med DtH og med økonomisk støtte under EFP-85.

+) Støttet under aktstykke 118.



#### 5.4. Korrosions- og udmattelsespåvirkninger af stålkonstruktioner

Formålet med projektet er at indsamle viden og opbygge eksperimentelle faciliteter til undersøgelse af revneinitiering og revnevækst i off-shore materialer i korrosive omgivelser. Den kombinerede effekt af elektrokemiske angreb og mekaniske belastninger på grundmaterialer og på materialesamlinger (svejsninger og svejsezoner) skal ved anvendelse af disse eksperimentelle faciliteter analyseres og kortlægges, således at sikkerhedsniveauet i konstruktionerne øges væsentligt.

Gennem et litteraturstudium og gennem internationale kontakter og deltagelser i fælleseuropæiske arbejdsgrupper er viden og kendskab til emnet ført ajour, og de områder, som vil være af interesse og betydning at undersøge, er kortlagt.

Eksperimentelle faciliteter til de nævnte undersøgelser er opbygget, således at målinger og undersøgelser kan foretages på prøvemønstre under velkontrollerede elektrokemiske forhold. Prøverne bliver udsat for mekaniske udmattelsesbelastninger med både konstant belastningsamplitude og med variable belastningsamplituder (stokastiske belastninger), som simulerer materialernes driftsforhold. Indledende forsøg har tilfredsstillende dokumenteret pålideligheden af det eksperimentelle arbejde.

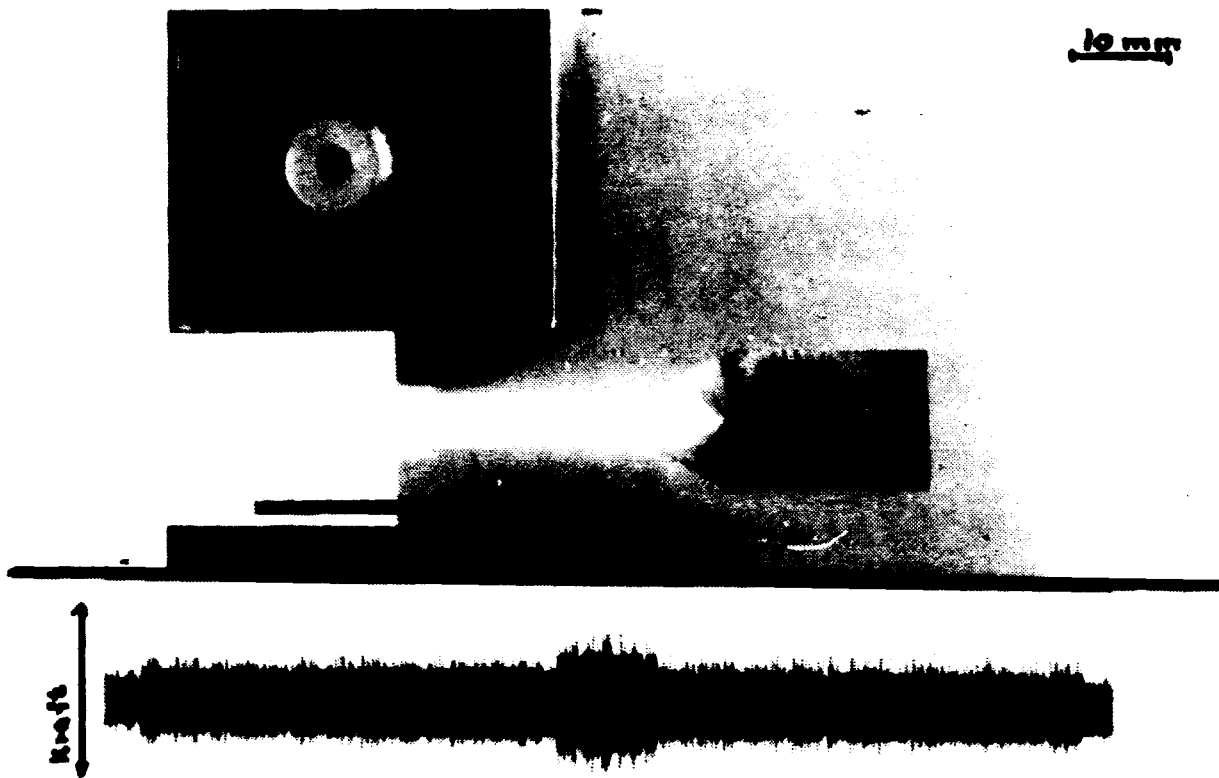
Af de metoder, der er indarbejdet og anvendt i arbejdet, kan nævnes:

- Fuldstændig EDB-styret mekanisk prøvning med servostyrede prøvningssekvenser.
- Fuldstændig kontrollerede elektrokemiske forhold.
- Revneinitiering og revnevækstmålinger ved hjælp af helt moderne metoder (unloading-compliance og potential drop teknikker).
- Velkontrollerede prøvningstemperaturer (-200°C til 100°C).

---

Støttet under aktstykke 118.

- Mikrostrukturundersøgelser, fraktografi og analyser ved anvendelser af optisk mikroskopi, transmission og scanning elektron mikroskopi og røntgen.



Udmattelsesrevne genereret i prøvestykke udsat for variabel belastnings-(kraft)amplitude, der simulerer forhold i Nordsøen.  
Belastningsspektret er vist nederst i billedet.

## 6. KUL

### 6.1. Forundersøgelse vedrørende tryksat fluid-bed kulforbrænding, PFBC

Med udgangen af 1984 udløb EFP-82 projektet med ovennævnte titel og dermed 2 tilsvarende aktiviteter på Risø.

Den ene aktivitet er bygning og indkøring af det 200 kW store atmosfæriske fluid-bed anlæg, som delvist er finansieret af projektet. Dette anlæg har været til stor nytte både med hensyn til at tilvejebringe praktiske erfaringer med fluid-bed forbrænding og til afprøvning af diverse målemetoder. Forsøgsanlægget med tilhørende instrumentering har også været og fremstår stadig som et værdifuldt redskab for andre aktiviteter.

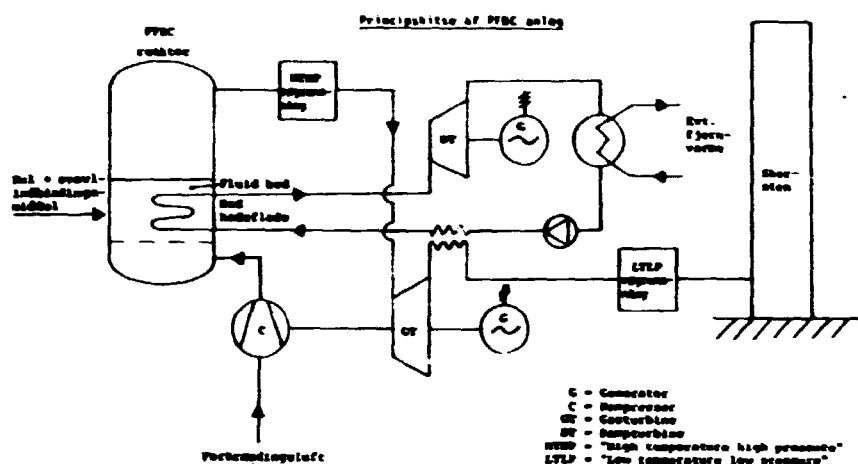
Den anden aktivitet gælder undersøgelse og rapportering af status for PFBC teknologien. Frem til sommeren 1983 blev der udarbejdet 8 foreløbige delrapporter. Siden er der imidlertid sket en betydelig udvikling på en række felter. Bl.a. derfor blev det i 1984 besluttet at udarbejde en ny og så vidt mulig ajourført rapport, som nu foreligger med projektnavnet som hovedtitel.

I få ord beskrives status for PFBC teknologien som følger:

De seneste års udviklingsindsats har afdækket en række til dels upåagtede problemer, hvoraf en del, men ikke alle, kan siges at være løst. Man må endvidere specielt erkende, at det endnu ikke er bevist, at PFBC røggasser med en temperatur svarende til bed'ens kan renses og ekspanderes ved hjælp af fuldskalakomponenter. Dette er forudsætningen for at opnå den tilsigtede elvirkningsgrad på ca. 40-42% (beregnet ud fra nedre brændværdi), når både gasturbine og damp turbine bidrager til elproduktionen, i kombianlæg, som det er groft skitseret nedenfor. Ingen af de demonstrationsprojekter, som skulle bidrage til en afklaring bl.a. på dette punkt, er endnu blevet realiseret, og situationen



er nu den, at kun et enkelt firma (ASEA PFBC) tilbyder at levere PFBC-anlæg i den mere effektive kombiudførelse. Til gengæld oplyser dette firma, at der er gode muligheder for positive udfald af konkrete forhandlinger, som foregår med kunder i bl.a. USA, Sverige og Vesttyskland.



Den opnåede erkendelse af praktiske problemer kombineret med voksende finansieringsmæssige vanskeligheder og et stagnerende marked for større kraftværker har medvirket til, at udviklingsindsatsen har taget en drejning imod mere konservative løsninger og størrelsesmæssigt mindre ambitiøse projekter. I øjeblikket er der således mindst et par firmaer, som tilbyder at levere såkaldte turboladede PFBC anlæg, dvs. anlæg, hvor gasturbinen ikke producerer el, men kun leverer effekt til komprimering af forbrændingsluften. Det første demonstrationsanlæg af denne type ventes i drift i Aachen i løbet af 1985.

Disse mere simpelt opbyggede anlæg vil ikke have kombianlæggets høje effektivitet. Til gengæld er fordelene vedrørende lav emission af  $\text{SO}_2$  og  $\text{NO}_x$  samt muligheden for kompakt og måske også konkurrencedygtig udførelse besvaret.

Flere økonomiske vurderinger af forskellige PFBC anlægstyper foreligger, men generelt må teknologiens konkurrencedygtighed dog stadig betragtes som ret uafklaret, dette gælder ikke mindst for danske forhold. Den endelige økonomiske afklaring opnås formentlig først efter bygning af de første demonstrationsanlæg.

## 6.2. Miljømålinger og svovlabsorptionsforsøg på Skanderborg Fjernvarmeværks fluid-bed anlæg

Indholdet af svovldioxid i røggas kan reduceres ved tilsætning af kalk. Ved forbrænding i fluid bed kan kalken tilsættes direkte i forbrændingszonen sammen med brændslet.

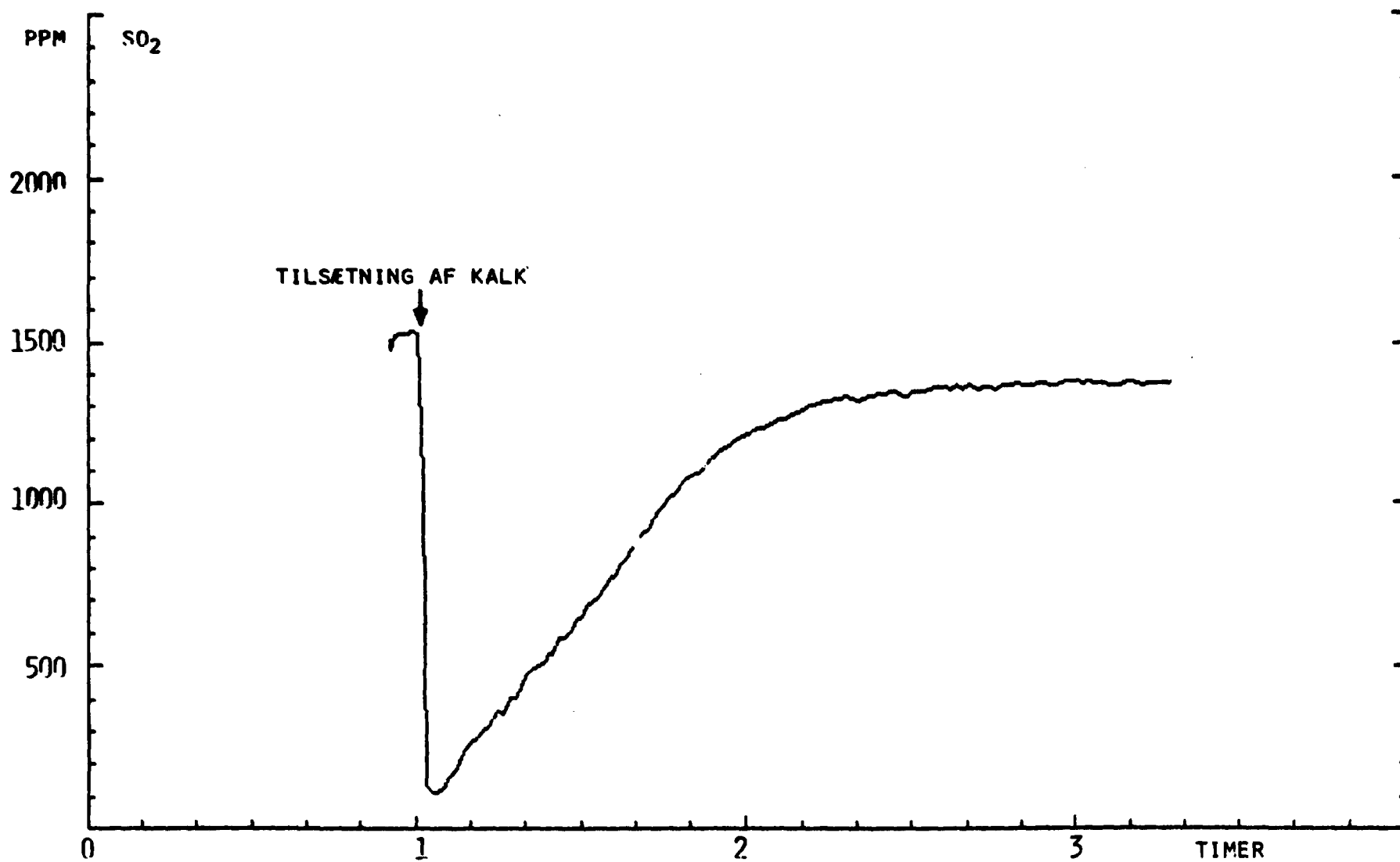
Der er udviklet en metode til afprøvning af effektiviteten af forskellige kalktyper i en laboratorieopstilling. En mini fluid bed er blevet bygget. I denne kan kalktyperne afprøves under meget veldefinerede betingelser. Minibeden opvarmes elektrisk, og der anvendes en kunstig røggas fremtillet ved blanding af de rene gasser ilt, kvælstof, kuldioxid og svovldioxid.

I alt er 14 forskellige kalktyper blevet afprøvet. De fleste har været af dansk oprindelse, men for sammenligningens skyld er også et par udenlandske blevet testet. Resultatet fra en sådan prøve er vist på figuren side 34. Svovldioxidindholdet er vist som funktion af tiden. Der fås et kraftigt dyk i svovlindholdet ved tidspunktet for kalktilsætningen. Svovlindholdet stiger senere langsomt, efterhånden som kalken forbruges.

De 4 mest lovende kalktyper er blevet prøvet i Risøs 300 kW atmosfæriske fluid bed under virkelige forbrændingsbetingelser.

Yderligere forsøg er planlagt ved Dansk Kedelforenings forsøgscenter på Masnedøværket i en 2 MW fluid bed.

Endelig skal den bedste kalktype afprøves på Skanderborg Fjernvarmeværks 12 MW fluid bed kedel



FORSØG I MINI FLUID BED.  
SVOVLDIOXID I RØGGAS, EFFEKT AF KALKTILSÆTNING

### 6.3. Kulforbrænding i cirkulerende fluid-bed

Anvendelsen af cirkulerende fluid-bed (CFB) teknik til kedelanlæg for industri, fjernvarmeværker og kraftværker vil få betydning i fremtiden.

Hovedårsagen til dette er, at et CFB anlæg kan opfylde fremtidens miljøkrav, hvad angår reduktion af udslippet af  $\text{NO}_x$  og  $\text{SO}_2$ .

Dette kan opfyldes uden tilbygning af kompliceret udstyr og med bibeholdelse af en høj forbrændingseffektivitet.

Med det formål at skabe dansk viden inden for CFB-teknologien og med henblik på konstruktion af et dansk CFB anlæg har Risø og Aalborg Værft under EFP-84 udført følgende arbejde:

1. Statusrapport over eksisterende CFB anlæg er blevet udfærdiget.
2. En beregningsmodel for et CFB anlæg er blevet formuleret og er under indkøring på EDB.
3. Et koldtest anlæg, som er en model af en CFB reaktor, er blevet etableret. Der vil i dette anlæg blive foretaget målinger af, hvorledes gas og partikler strømmer i et cirkulerende system.
4. Endelig foretages der egentligt konstruktionsarbejde med henblik på etablering af et pilotanlæg.

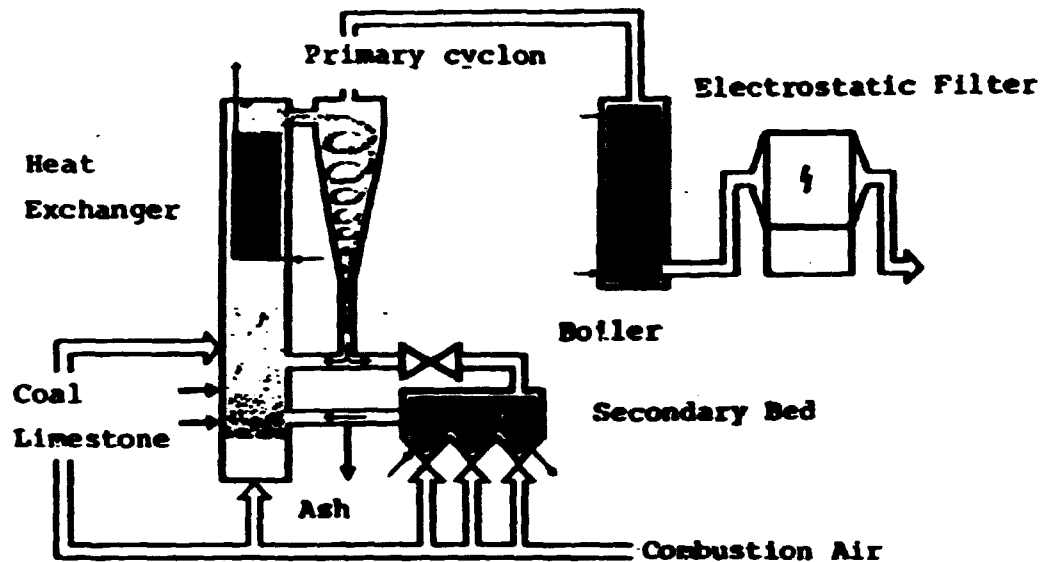


Fig. 1. Cirkulerende fluid-bed

Fig. 1. viser grundprincippet for et typisk cirkulerende fluid-bed anlæg. De indgående grundkomponenter er

- Kul indfødningsystem
- Kalk indfødningsystem til fjernelse af  $\text{SO}_2$
- Reaktor med primærcyklon til recirkulering af reaktorindholdet
- Varmeveksler flader i reaktoren
- Sekundær bed med varmeveksler
- Konvektionsdel
- Elektrostatisk, evt. posefilter til fjernelse af flyveaske
- Aske håndteringssystem.

#### 6.4. Udvikling af EDB-model til vurdering af miljøeffekter ved forskellige energiforsyningsalternativer

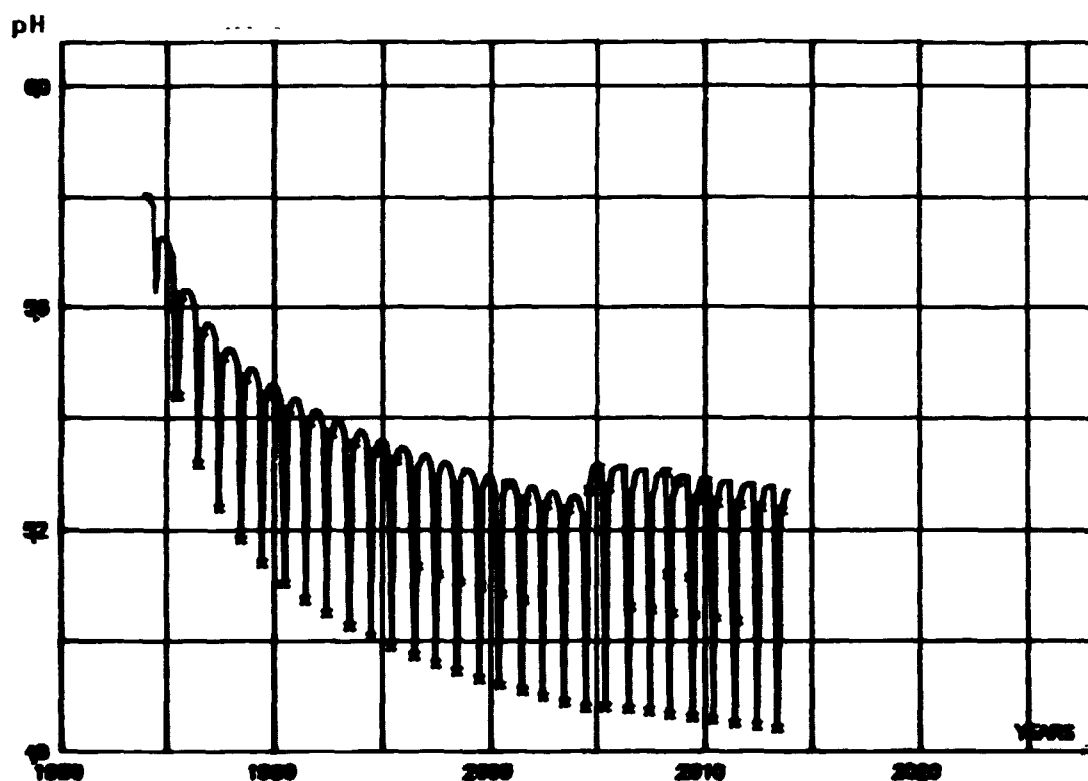
Projektet har til formål at udvikle programsystemet ECCES til bedømmelse af miljømæssige konsekvenser over en længere periode ved givet valg af energisystem.

I 1984 har det meste arbejde bestået i at afpudse de modeller, der tidligere er udviklede, samt indsamling af data.

Status for udviklingsarbejdet er, at der indtil nu er udviklet en model for spredning af forurening i atmosfæren og deposition på jorden. Modellen kan behandle flere kildepunkter (kraftværker), anbragt i et foreskrevet geografisk område, og kan således beregne koncentration i luft og deponering på jorden af et udvalgt forurenende stof på et vilkårligt sted i det geografiske område. Modellen kan tage hensyn til, at det spredte stof omdannes kemisk i atmosfæren, og kan ligeledes tage hensyn til, at det uomdannede stof og omdannelsesproduktet opfører sig forskelligt under transporten i atmosfæren. Modellen er indrettet på denne måde for bl.a. at kunne behandle  $\text{SO}_2$  og  $\text{NO}_x$ .

Der er desuden udarbejdet en model, der beskriver, hvordan jordbundens kemiske forhold påvirkes af de stoffer, der tilføres jorden, herunder også påvirkning af sur regn. Desuden findes et delprogram, som kan beregne, i hvilke størrelsesordener afgrøder optager forurenende stoffer.

Som et eksempel på den type resultater, ECCES systemet kan give, er vist nedenstående figur.



Figuren viser, hvordan pH (surheder) i en bestemt jordbundstype i de øverste 20 cm varierer i en 30-års periode. Jordbundstypen er antaget beliggende i Roskilde amt. Jordbunden er i perioden påvirket af nedfald af  $\text{SO}_2$  og sulfat fra de kraftværker, der findes på Sjælland. Desuden påvirkes jordbunden af regn. Regnvandet antages at indeholde stoffer, svarende til en karakteristisk dansk regn. Regn er normalt sur, delsvis på grund af luftens indhold af  $\text{CO}_2$  og  $\text{NO}_x$  fra kraftværker. I foreliggende regneeksempel medtages  $\text{SO}_2$ -forsuringen fra kraftværkerne derfor dels som direkte nedfald, dels ved bidraget fra regn. Det antages til slut, at der dyrkes vinterhvede på den betragtede jord.

Det ses, at gennemsnits pH falder igennem hele perioden. Der er desuden en ret voldsom pH-variation inden for hvert år. Denne variation stammer fra væksten af den dyrkede afgrøde. Når afgrøden vokser, optages næringsstoffer f.eks. calcium-ioner. Til gengæld udskilles brintioner, hvorved jordbunden forsures. Når plantevæksten ophører, standser også den kraftige tilførsel af brintioner, og pH stiger igen.

I det gennemregnede eksempel er det antaget, at alle kraftværker standses efter 20 år, således at der de sidste 10 år af perioden kun er påvirkning af jordbunden fra regnen. Som det ses, stiger pH, når dette sker (ca. år 2005). I det viste regneeksempel ses, at  $\text{SO}_2$  fra kraftværker kun har lidt indflydelse på pH.

Det skal dog understreges, at det viste regneeksempel hovedsageligt skal tjene til at illustrere modellernes muligheder. De anvendte data, specielt de, der karakteriserer jordbunden og optagelsen af næringsstoffer og forurenende stoffer i planter, er endnu ikke tilpasset virkeligheden. Beregningerne vil derfor give et urealistisk billede af forholdene.



### 6.5. Højtemperaturkorrosion - Metal Dusting

Metal dusting er et korrosionsangreb (opkuling, oxidation m.v.), der kan forekomme på jern- og nikkelbasislegeringer udsat for opkullende gasblandinger af fx. kulbrinter, kulmonoxid og brint i temperaturområdet 400-900°C. Projektet har til formål at studere de betingelser, der kan føre til den nævnte form for angreb.

Projektet indgår som led i det fælleseuropæiske COST 501 samarbejdsprogram og udføres sammen med Haldor Topsøe A/S. Der har i 1984 været afholdt to projektmøder med repræsentanter for beslægtede projekter inden for COST 501 samarbejdet (højtemperaturkorrosion). Det første af disse møder fandt sted på Risø, det andet i Düsseldorf.

I 1984 er en række relevante metalliske konstruktionsmaterialer, strækkende sig fra ulegerede stål over traditionelle rustfaste ståltyper til avancerede nikkel- og koboltbasislegeringer blevet eksponeret ved 400, 500, 600, 700 og 800°C i gasblandinger af H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O med et kulstofpotential meget nær 1, og som er reducerende over for jernoxider og oxiderende over for chrom. Disse exponeringer har fundet sted i forsøgsudstyr, der er opbygget på samarbejdspartneren Haldor Topsøe A/S's pilotanlæg i Frederikssund.

De fleste af de chromholdige legeringer har været beskyttet af et tæt oxidlag, som under disse forhold er dannet på metaloverfladen. I enkelte Ni-Cr legeringer med forholdsvis lavt Cr-indhold har der ikke kunnet dannes et beskyttende oxidlag, og et mere kompliceret angreb med intern oxidation og grafitudskillelse i en øvre liggende zone har fundet sted. En modificering af gasforsyningsdelen, så der kan gennemføres forsøg med gasser, der er reducerende i forhold til chrom, er under udførelse.

#### 6.6. Karakterisering af polycyclisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg

Polycyclisk organisk materiale (POM) er en kompliceret kemisk sammensat stofgruppe, som har påkaldt sig interesse, fordi mange af dens medlemmer besidder genotoksiske egenskaber.

En mindre del af stofgruppen, polycycliske aromatiske kulbrinter (PAH) og deres iltningsprodukter, har forekommet i naturen i årtusinder, dannet ved skov- og steppeblande. Nogle få medlemmer af PAH kan ligeledes dannes ad biologisk vej. Eksempelvis findes forbindelsen reten i harpiks.

Dannelsen af PAH ved forbrænding skyldes, at denne er ufuldstændig. Moderne forbrændingsmetoder som i kraftværker til el-produktion eliminerer næsten fuldstændigt PAH-dannelsen under stabile forbrændingsbetingelser. Men i mindre anlæg og i forbrændingsmotorer er dannelse af PAH og andre typer af POM fortsat høj. Vor tids forbrændingstekniske anlæg giver i modsætning til tidligere generationers anlæg desuden dannelse af væsentlige mængder af nitrogenmonoxid og nitrogendioxid. To forbindelser, som dannes i yderst sporadisk mængde ved naturlige processer.

Forekomsten af nitrogenmonoxid og -dioxid i atmosfæren forårsager en lang række komplicerede kemiske processer, som medfører fænomener som sur nedbør og fotokemisk luftforurening. Forekomsten af nitrogenoxider giver også anledning til en række yderst komplicerede kemiske reaktioner, som forårsager dannelse af POM-forbindelser med meget kraftige og helt nye genotoksiske egenskaber, hvis mulige miljøskadelige effekter endnu er mangelfuldt belyst.

Projektet har givet meget væsentlige videnskabelige forskningsbidrag omkring såvel forståelsen af disse reaktioner som disse forbindelsers forekomst.

For nærværende studeres PAH-dannelse ved fluidized-bed forbrænding. En række af projektets resultater er beskrevet i referencelisten.

## 7. Uran

### 7.1. Uranmineraliseringer i Sydgrønland (projekt "SYDEX")

Formålet med dette projekt er at udføre detailstudier af udvalgte uranmineraliseringer påvist siden 1979 under det regionale eftersøgningsprogram "SYDURAN", der udløb ultimo 1983. "SYDEX" påbegyndtes den 1. april 1984 og løber til april 1986. Når det er rapporteret, vil der antagelig ikke blive afsat ressourcer til yderligere efterforskning af uran inden for en overskuelig fremtid.

EFP-84 bevillingen til "SYDEX" administreres af Grønlands Geologiske Undersøgelse, som er projektets udførende instans og er ansvarlig for resultaternes rapportering. Risøs medvirken til projektet består i radiometrisk opmåling og laboratorieanalyse af prøvemateriale.

I 1984 har to Risø-medarbejdere deltaget i feltarbejdet, hvor der blev udført scintillometermålinger med 1 meters intervaller på uranmineraliseringerne ved Illorsuit i Lindenow Fjord. Forekomsten ligger på en fjeldside ca. 500 m over havniveau og udgøres i blotningernes centrale område af en mørkegrøn eller brunlig "metavulkanit", der kan indeholde op til 3% uranbegblende. Uden for hovedprofilet ses en diorit-lignende bjergart, i hvilken begblende optræder i veldefinerede, millimeter-tykkede årer. For at kontrollere scintillometermålingernes pålidelighed blev omkring 30 bjergartsprøver analyseret for radioaktive grundstoffer i laboratoriet, ligesom der udførtes kontrolmålinger af beregnede gammadoser på 60 feltlokaliteter ved hjælp af TL (termoluminescens)-dosimetre. På grundlag af måleresultaterne har Risø udtegnet et konturbillede af urankoncentrationen i blotningerne og har desuden bistået GGU med udarbejdelse af et topografisk og et geologisk kort over området.

På prøvemateriale indsamlet fra uranmineraliseringer andre steder i Sydgrønland har Risø foretaget ca. 200 urananalyser og ca. 120 analyser for basismetaller og andre ikke-radioaktive grundstoffer.

## 8. Fusion

Risøs fusionsforskning støttes med EFP-midler på to måder:

- 8.1. Euratoms bidrag til dansk fusionsforskning kanaliseres til Risøs forskningsgruppe via EFP-bevillinger. I 1984 er der arbejdet med midler fra en EFP-83 bevilling. Disse midler benyttes til at støtte det generelle program, som kort beskrives neden for under 8.1.
- 8.2. Energiministeriet har via en EFP-82 bevilling betalt det udviklingsarbejde inden for pilleinjektorsystemer, der er beskrevet neden for under 8.2.

### 8.1. Det generelle fusionsforskningsprogram på Risø

Fysikafdelingens plasmafysiksektion varetager opgaver, som spænder fra grundlæggende plasmafysik til fusionsrelateret forskning og udvikling. Aktiviteterne er en del af det fælleseuropæiske fusionsprogram, som koordineres af Euratom og omfatter dels associeringsaftaler med de nationale laboratorier, dels det fælleseuropæiske forsøgsanlæg JET. Arbejdet herunder vurderes løbende af internationale komiteer.

Programmet omfatter følgende arbejdsområder:

- a) Grundlæggende plasmafysiske undersøgelser med relevans for fusionsforskning.
- b) Undersøgelser af muligheden for at opvarme et tæt tokamak-plasma ved hjælp af ECRH (Electron Cyclotron Resonance Heating). Dette er en ny aktivitet, hvor det eksperimentelle arbejde er startet på Dante (Danish Tokamak Experiment) i 1984.
- c) Pille-plasma-vekselvirkningsundersøgelser i Dante.

- d) Deltagelse i det eksperimentelle arbejde ved JET. Dette omfatter blandt andet målinger med det af Risø-gruppen fremstillede Thomson-spredningsudstyr og arbejde med højfrekvens opvarmning af JET-plasmaet.

## 8.2. Pilleinjektion

Store, hurtige piller af fast brint kan muligvis bruges til tilførsel af brændstof i kommende fusionsreaktorer, og samtidig er mindre og langsommere piller vel anvendelige til studie af plasmaparametre i eksisterende plasmaeksperimenter. Det eksperimentelle arbejde inden for pilleinjektion består i at udvikle og opbygge udstyr til acceleration og injektion af piller, og dels i at studere vekselvirkningsprocesser mellem hurtige partikler og overflader af fast brint.

På Risø er der gennem nogle år bygget injektorer til brug ved Dante, og Risø har i begyndelsen af 1983 færdigopstillet en pilleinjektor ved en tokamak, TFR, ved Centre d'Etudes Nucleaire i Paris. Injektoren har siden da kørt uden væsentlige tekniske problemer. Vi har senere, efter en forespørgsel fra Istituto Ionizzato i Padova i Italien, undersøgt acceleration af små piller, 0,4 mm i diameter, til hastigheder omkring 100 m/s. På grundlag af disse undersøgelser har vi givet tilbud på en injektor til brug i Padova, og vi forventer ordre i løbet af 1985.

På Risø har man arbejdet videre med en metode, hvor man vil accelerere en pille med en elektrisk udladning i et lukket kammer bag pillen. Denne metode kan muligvis give meget høje hastigheder. Der er påbegyndt et kontraktarbejde for JET, hvor metoden skal undersøges. Der er bygget en opstilling til pneumatisk acceleration af 3,2 mm piller. Der er udviklet en del diagnostiske metoder, og forberedende arbejde med acceleration med udladning er i gang.

For overflader af fast brint er der gennem nogle år studeret processer som sekundær elektroemission, elektrontilbagespredning, indtrængningsdybde for elektroner og ioner, osv. Der arbejdes nu med undersøgelser af erosion forårsaget af partikelbombardement.

## 10. Vindenergi

### 10.1. Vindkraftteknologisk F & U arbejde

Ud over de nødvendige driftsmæssige opgaver og det af Energi-styrelsen finansierede godkendelses- og standardafprøvningsarbejde, er der på Prøvestationen i 1984 udført vindkraftteknologisk F & U arbejde inden for følgende områder:

- 1) Udvikling af godkendelseskriterier.
- 2) Aerodynamiske beregningsmetoder for stallregulering og optimalisering af energiproduktion.
- 3) Målinger og beregninger af vindmøllers belastning og dynamik.
- 4) Luftbremser.
- 5) Forsøgsmøllen.
- 6) Udvikling af forenklede målemetoder.
- 7) Komponentprøvestande.
- 8) Vind/Diesel.

Med det formål at analysere den hidtidige vindmølleudvikling og gøre en form for status for godkendelsesarbejdet er der foretaget en omfattende analyse af driftsstatistikker og større og mindre havarier for et stort antal vindmøller. Ud fra bl.a. indsamling af fabrikanternes indkøbspriser på forskellige komponenter er det forsøgt at få et indtryk af den fremtidige udvikling i vindmølleøkonomi.

De aerodynamiske undersøgelser, specielt af stallforholdene, er fortsat på en nyudviklet rotor med ikke tidligere i vindmøllesammenhæng anvendte profiler (2). Profilerne egenskaber er estimeret ud fra målinger og beregninger af rotorens effekt og aksialtrykkurve. Der er ligeledes undersøgt dynamiske belastninger i skæv anstrømning.

Hele vindmøllens strukturelle dynamik er undersøgt både under stilstand og i drift. Dette førte til en forenklet metode (6) til at deducere de væsentligste egensvigningsformer (modalanalyse) for en komplet vindmølle. Metoden er dernæst implementeret i standardmåleprogrammet. Dette program er altså blevet udvidet, og der er samtidig lagt en del arbejde i at rationalisere og systematisere det.

Arbejdet med luftbremser er fortsat. Der er etableret en ret avanceret analysemetode, som bl.a. har vist, at luftbremser i form af udfældelige spoilers, specielt i stallområdet, er beregningsmæssigt vanskelige at behandle.

De statiske vingepåføringer er fortsat som et led i systemgodkendelsen, men der er desuden udført en afprøvning ved forhøjet temperatur (ca. 50°C) for at undersøge glasfiberbladernes egenskaber under forhold, som er realistiske i Californien, hvortil den overvejende vindmølle eksport foregår.

Der er på samme vingepåføringsstand foretaget dynamisk afprøvning af en vinge og i den forbindelse udviklet en metode til udfra afprøvningen at foretage en forenklet beregning af vingens levetid ved vindmølle drift.

Faciliteter til afprøvning af vind/diesel systemer er opbygget, og der er på den teoretiske side opstillet en model for simulering af dynamik i energiomsetningssystemet.

## 10.2. Levetider og ekstrembelastninger

Projektet indeholder dels udvikling af en forbedret og nøjagtig strukturberegningsmodel og dels en videre udvikling af veksellastprogrammet til levetidsberegninger, (et resultat fra et tidligere EFP-projekt), samt en analyse af en række danske vindmøller.

Under første del er modeller for anisotrope materialer udarbejdet, og der arbejdes p.t. på at indføre en bekvem formulering af kompositmaterialers egenskaber i denne sammenhæng, samt at indføre en brugervenlig og interaktiv specifikation af møllevingegeometri. På grund af den sene start på projektet forventes den egentlige sammenknytning af dette strukturberegningsprogram ABACUS og veksellastprogrammet først tilendebragt i 1985.

Veksellastprogrammets mulighed for at medtage virkningen af bladvinkelregulering er afprøvet ved en ny gennemregning af Nibe-B møllen. Denne gennemregning vil blive rapporteret. Programmet er endvidere nu i stand til at beregne laster og respons under start og stop af en vindmølle. Nogle repræsentative eksempler vil blive gennemregnet og rapporteret.

Arbejdet fortsætter med modellering og gennemregning af danske møller i størrelsen 55 kW og 2 MW samt med den nævnte videreudvikling af ABACUS programmet.

## 10.3. Normarbejde for konstruktion af mindre vindmøller

Baseret på et konstateret behov hos vindmøllefabrikanter for et samlet dimensioneringsgrundlag på vindmøllekonstruktioner foreslog Risø Energiministeriet at iværksætte udarbejdelsen af en norm eller anvisning.



Dette arbejde, som blev startet i 1983, er blevet formaliseret, idet der er nedsat et arbejdsudvalg for Last og Sikkerhed af vindmøllekonstruktioner under Dansk Ingeniørforening. Dette udvalg består af ingeniører fra industrien og forskningsinstitutionerne.

Arbejdet er i den forløbne tid skredet fornuftigt frem med afholdelse af regelmæssige møder i arbejdsudvalget. Ved møderne er lejlighedsvis inviteret gæster, f.eks. for at orientere om regler for systemgodkendelse.

Første udkast til normdokumenter er under udarbejdelse, og der er indsamlet et stort materiale til belysning af de beregningsmetoder, der på nuværende tidspunkt anvendes i Danmark og i udlandet. Der har endvidere været arbejdet på en række udredningsopgaver, eksempelvis ekstremvind, statistik, sammenhæng mellem temperatur og vindhastighed samt stabilitet og vindgradient og skalaeffekter m.m. Resultaterne af disse udregningsopgaver indgår i normdokumentet, idet det på et tidligt tidspunkt blev konstateret, at dette ikke kunne skrives udelukkende på basis af eksisterende litteratur.

Det forventes, at udvalget kan fremlægge et normforslag i slutningen af 1985.

#### 10.4. Strømning over bakker

Projektet, hvis officielle titel er "Local Wind Flow Measurements" var organiseret gennem det Internationale Energiagenturs program for FoU i vindkraft (IEA R & D WECS), som en del af Task II: "Study of Local Wind Flow at Potential WECS Hill Sites", med deltagelse fra en række forskellige lande, hvoraf Canada var "operating agent". Selve målekampagnen er nu afleveret med "The Askervein Hill Project". Ref. 10.4.

Analysen af de indsamlede data er endnu ikke fuldstændig tilendebragt, men har dog nået et stade, hvor der kan foretages sammenligninger mellem opstrømningsbetingelserne og forholdene på bakketoppen for enkelte måleseriers vedkommende. Fig. 1 viser et eksempel. Det fremgår, at der i tilgift til en ca. fordobling af vindhastigheden i lav højde er et lag af en dybde svarende til bakkens længde, hvor vindgradienten er nær nul (hvilket er særdeles gunstigt for HAWT-rotorer). I samme lag fremgår det endvidere af analysen, at den belastningsmæssige relevante turbulenskomponent, ref. 10.5., nemlig komponenten i vindretningen, er signifikant reduceret - vel at mærke ikke relativt til den lokale vindhastighed, den såkaldte turbulensintensitet, men absolut i forhold til opstrømsforholdene. Det ser således ud til, at man ved at placere en vindmølle på en bakke i tilgift til en større energiproduktion får en længere levetid på møllen som følge af mindre udmattelsespåvirkning.

I tilknytning til dette projekt er der i 1984 arbejdet med udvikling af en numerisk model (second order closure, in streamline coordinates) for modifikation af turbulensforholdene i strømmingen over en bakke.

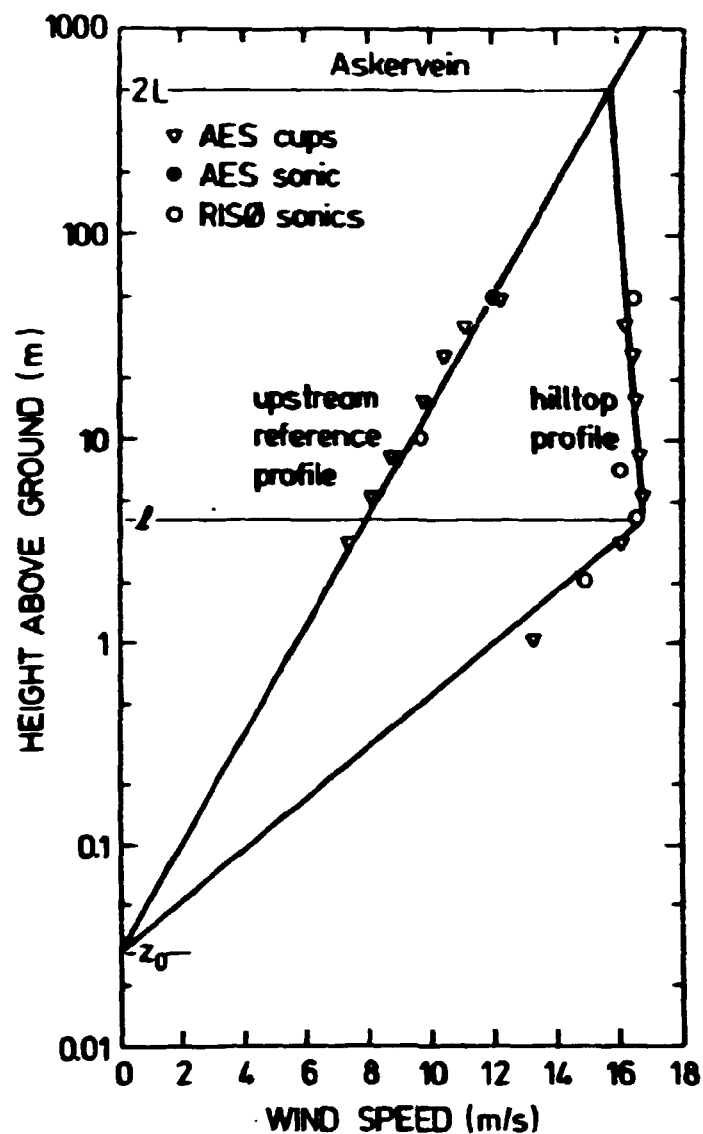


Fig.1. Samtidigt målte vindprofiler (fra 83-03-10, 14.30 til 15.30 lokal tid) opstrøms og på toppen af bakken Askervein på øen South Vist, Hebriderne. Bakken er ca. 100 m høj og har en total bredde på ca. 1000 m i vindretningen. Den målte "speed-up" effekt vil også kunne genfindes på mindre bakker med samme højde-bredde forhold. Baggrund og detaljer vedrørende eksperimentet er omtalt i Risø-M-2243, afsnit 10.6.

#### 10.5. Målinger på Nibe møllerne

Formålet med disse målinger har været at skaffe informationer om møllernes opførsel i forskellige driftssituationer for derved igennem at opnå en viden, som kan benyttes til design af fremtidige møller. Endvidere har målingerne haft til formål at belyse møllernes energiproduktion og den pågældende lokalitets vindklima.

Det oprindelige måleprogram har kørt i 4-5 år og er nu inde i sin afsluttende fase med færdiggørelsen af rapporteringen af de forskellige delprojekter.

Både målinger og rapportering er udført som samarbejde mellem Risø og Afdelingen for Fluid Mekanik på DTH, koordineret og styret af DEFU.

Målingerne vil fortsætte 1986 ud med målinger på de trævinger, som blev opsat på B møllen primo 1984 og med forskellige andre undersøgelser af Mølle A, hvor der stadig mangler målinger ved høje vindhastigheder og forskellige specialundersøgelser af f.eks. bladernes opførsel i stall.

### 10.1. Kompositmaterialer

På grundlag af de opnåede erfaringer ved konstruktion og bygning af Nibe-møllerne har Metallurgiaafdelingen startet et program, som omfatter udvikling og optimering af vindmøllerotorer gennem studier af materialevalg, gennemførelse af materialeforsøg (specielt langtidsforsøg) og studier af fabrikationsteknologi og komponentafprøvning.

Der er i perioden 1982 til 1984 gennemført målinger af udmattelsesegenskaber på materialer opbygget af glasfibre i polyester; materialeopbygningen svarer til den, som er anvendt i den bærende bjælke til vingerne på Nibemøllerne. Målingerne er udført som træk-træk belastning af prøveemner, materialets stivhed er registreret som funktion af antal vekselpåvirkninger, endvidere er det antal påvirkninger, som fører til brud, registreret. Såvel stivheds-data som brud-data er vigtige ved design af komponenter, herunder vinger.

Der er endvidere ydet assistance ved materialevalg, fabrikationsteknologi samt assistance ved prøvning af vinger for danske fabrikanter af vindmøllevinger.

Kompositmaterialers egenskaber er i mekanisk henseende sammenlignelige med eller bedre end traditionelle metaller og legeringers. Kompositmaterialer kan derfor forventes at have et bredt spektrum af anvendelsesmuligheder i forbindelse med energikonverterende anlæg. Udviklingsindsatsen vil med udbytte kunne styrkes, idet andre anvendelsesområder for kompositmaterialerne i energisektoren kan inddrages.

De rapporter, der er udarbejdet i forbindelse med projektet, er omtalt under referencer.

### 13. Varmpumper

#### 13.1. Gasdrevet varmepumpe

Det planlagte måleprogram på den opbyggede prototype, hvor drivkraft og varmepumpning leveres af to koblede Rankine processer, er stort set blevet gennemført. Der er foretaget en detaljeret behandling af måleresultaterne bl.a. med henblik på den endelige rapportering, som forventes at finde sted medio 1985.

Arbejdet med lokalisering af detailproblemer med henblik på en eventuel videreførelse eller overførsel til dansk industri er blevet en del forsinket og afventer foreløbig den endelige konklusion af driftsforsøgene.

#### Absorptionsvarmepumpe

Projektets formål er at udvikle en gas/olie-drevet absorptionsvarmepumpe til boligopvarmning med henblik på at bidrage til at reducere Danmarks forbrug af primærenergi på en økonomisk forsvarelig måde. På nuværende tidspunkt er der etableret en fleksibelt og velinstrumenteret forsøgsopstilling på Risø. Der er gennemført forsøgskørsler i større omfang. Systemmodifikationer er udført på basis af resultater fra forsøgskørslerne samt teoretiske beregninger. Desuden er der foretaget afprøvninger af forskellige væskpumper.

#### Organic Rankine Cycle Teknik

Resultatindsamlingen fra det af Risø og firmaet Thomas Ths. Sæbroe opførte demonstrationsanlæg hos I/S KARA i Roskilde er forløbet planmæssigt. Den igangsatte videreudvikling og tilpasning af teknologien og produktet til det inden- og udenlandske marked er blevet afsluttet. Det første anlæg på almindelige kommercielle betingelser er i slutningen af 1984 installeret og opstartet på Solrød Forbrændingsanlæg.

Parallelt med en massiv markedsbearbejdning er der opstartet en markedsundersøgelse med henblik på yderligere salg og fabrikation i bestræbelserne på at reducere industriens energibehov.

#### 14. Fyrings- og forbrændingsteknik

##### 14.1. Laserbaseret målemetode til in-situ størrelses- og hastighedsbestemmelse af røgparkler.

Et system til simultan størrelses- og hastighedsbestemmelse af røgparkler er blevet opbygget. Hastighedsbestemmelsen af enkeltpartikler udføres ved "Time-of-Flight"-metoden som beskrevet i referencelisten under 14.1. Strålen fra en argon ion-laser med bølglængden 488 nm deltes som vist på fig 1 op i to vinkelmæssigt separerede stråler med ortogonal polarisation.

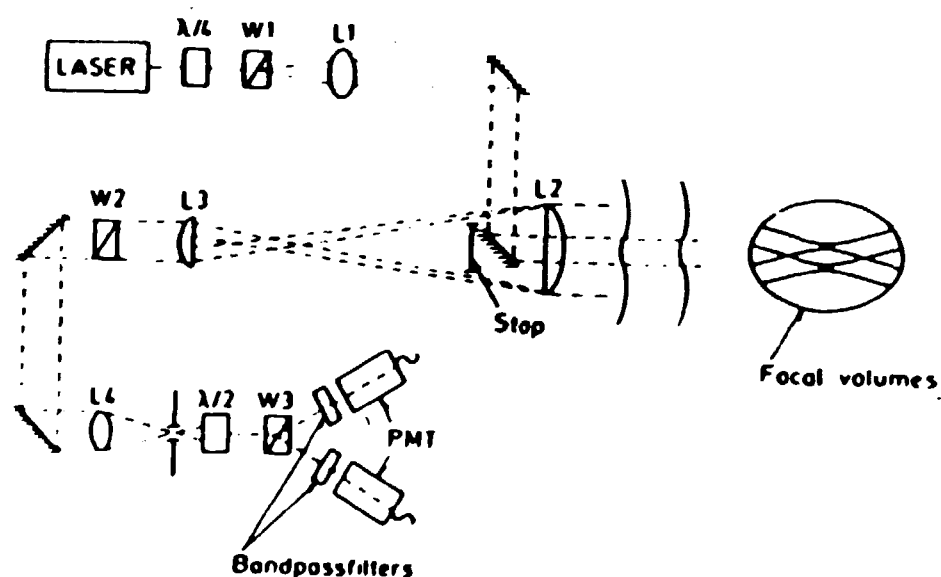


Fig.1. Optisk system. Laser: SP 165, linse  $L2$   $f=30$  cm, W: Wollaston prisme, PMT: fotomultiplikatorrør Philips 150 AVP.

Disse to stråler blev af udgangslinsen, L2, fokuseret til to elliptiske pletter i målevoluminet 30 cm fra linsen. De elliptiske pletter havde højden  $100\text{ }\mu\text{m}$ , bredden  $4\text{ }\mu\text{m}$  og deres indbyrdes afstand var  $100\text{ }\mu\text{m}$ . Udgangslinsen var fælles for sender- og modtagerdelen af systemet og gjorde herved systemet relativt ufølsomt for optisk turbulens og eventuelle brydende flader i strålegangen. Idet en partikel passerer målevoluminet, opfanges det spredte lys ved pasage af de to elliptiske pletter af de to fotomultiplikatorrør (PMT). Ved måling af flyvetiden for de enkelte partikler, findes disses hastighed, idet afstanden mellem de elliptiske pletter kendes.

Når partiklerne passerer de elliptiske pletter i lilleaksens retning ( $4\text{ }\mu\text{m}$ ), vil lyssignalet til den enkelte detektor have en tidslig længde, der er givet ved partiklens udstrækning og hastighed, ifald partiklen er større end stålens bredde. Et optimalt system til bestemmelse af lyspulsernes tidslige bredde er blevet opbygget og beskrevet i ref. 14.2. Dataopsamlingsudstyret var mikroprocessorstyret og tillod behandling af 700 partikler pr. sek., hvilket giver en maksimal detekterbar røgpartikelkoncentration på ca.  $2 \times 10^{10}$  partikler pr.  $\text{m}^3$ . De målte partikelstørrelser blev opdelt i 16 intervaller fra  $7\text{ }\mu\text{m}$  til  $100\text{ }\mu\text{m}$  logaritmisk opdelt. Systemet er verificeret brugbart ved røghastigheder op til  $3,2\text{ m/sek}$ , idet systemets størrelsesinddeling er baseret på den målte partikelhastighed.

Forsøgene med det opbyggede laserbaserede målesystem på et simuleret fluid-bed system efterviste evnen til simultant at bestemme hastighedsfordeling og størrelsesfordeling for enkeltpartikler i en afstand af 30 cm fra udgangslinsen. Målemetoden var berøringsfri og indvirkede derfor ikke på strømningen.



## 15. Energilagring

### 15.1. Undersøgelse af lithiumlegeringer

Projektet afsluttet med udgangen af 1984. De opnåede resultater er rapporteret i Risø-M-2496, og konklusionen af undersøgelsen kan beskrives som følger:

Lithium danner intermetalliske forbindelser med metaller fra 2. hovedgruppe, 2. sidegruppe, 3. og 4. hovedgruppe i det periodiske system. De mere lithium-rige af disse er blevet fremstillet ved sammensmeltning af grundstofferne i et Differential Termisk Analyse apparat. Herved fås en vurdering af varmeudviklingen ved dannelsen af den intermetalliske forbindelse; generelt er varmeudviklingen fraværende eller meget lille for 2. hoved- og sidegruppe, mens der er en betydelig varmeudvikling ved dannelsen af forbindelserne med stofferne fra 3. og 4. hovedgruppe.

De intermetalliske forbindelsers elektrokemiske egenskaber er blevet undersøgt ved cyklisk voltametri. Det frie potential for forbindelserne er fra ca. 200 til ca. 600 mV positivt i forhold til lithium; så meget vil celledspændingen blive mindre ved at bruge en legeringselektrode i stedet for ren lithium.

Forbindelsernes evne til at afgive og optage lithium vurderes ved at sammenligne de maksimale strømstyrker, en forbindelse giver i sammenligning med forbindelsen  $\beta$ -LiAl, som er velkarakteriseret i litteraturen. Forbindelsen med metallerne fra 2. hoved- og sidegruppe viser generelt mindre strømstyrker end  $\beta$ -LiAl, bortset fra LiHg, der imidlertid kun indeholder ca. 3 vægt-% Li.

Forbindelserne med hovedgruppe 3's metaller, der omfatter aluminium, har alle nogenlunde samme evne til at trække strøm.

Blandt forbindelserne med stofferne fra 4. hovedgruppe findes både større og mindre evne til at trække strøm end hos  $\beta$ -LiAl. Den i hele projektet størst fundne strømstyrke findes hos tinforbindelsen  $\text{Li}_{22}\text{Sn}_5$ , op til 3 gange hvad der opnås med  $\beta$ -LiAl.

Syntese ved elektrokemisk udfældning af lithium på legerings-elementet er et alternativ til sammensmeltning. Ved at starte med en folie kan der fremstilles meget tynde elektroder. Dette er blevet undersøgt med ca. 100  $\mu\text{m}$  tyk aluminiumfolie. Det er nødvendigt at begrænse omdannelsen af folien til legering til ca. 1/4 af tykkelsen for at undgå sammenkrølning på grund af indre spændinger. Der er udviklet en metode, så ark på 12 x 12 cm med op til 25 C/cm<sup>2</sup> kan fremstilles rutinemæssigt. Disse elektroder kan trække væsentlig mere strøm end de pyrometallurgisk fremstillede.

For at begrænse mængden af aktivt materiale kan udgangsfolien udføres som en komposit af et inaktivt metal med et overfladelag af det aktive. Her er fremstillet folie med 25  $\mu\text{m}$  Al på 100  $\mu\text{m}$  Cu ved sammenvalsning. Fuld omdannelse af aluminiumlaget fører til afskalning. Holdes en mindre omdannelsesgrad, er egenskaberne identiske med de rene aluminiumfoliers.

### 15.2. Lithiumanoder (Risø/Hellesens EFP-83 projekt)

I samarbejde med Hellesens A/S undersøges egenskaberne af Li-anoder i lithium-thionylchlorid batterier, der fremstilles kommercielt hos Hellesens. Et af problemerne med dette batteri er, at lithium elektroden efterhånden passiverer, fordi den har et LiCl-lag, som vokser med tiden. LiCl laget skal være der, men for at få batteriet til at fungere optimalt skal dets tykkelse holdes under kontrol. Ved at undersøge Li-elektroder i thionyl-chlorid-opløsninger har det vist sig, at LiCl-lagets vækst kan kontrolleres ved passende sammensætninger. En række forsøg, hvor lithiumelektrodernes passivering følges løbende ved ac-impedansmålinger, er gennemført bl.a. på sammensætninger, som Hellesens senere har indgivet patentansøgning på.

### 15.3. SO<sub>3</sub>-batterier (EFP-84 projekt)

Projektets formål er at udvikle et højenergi sekundær (genopladeligt) batteri. Målinger på et elektrodepar af Li og en inaktiv elektrode (nikkel eller kulstof) i SO<sub>3</sub> viser en celledspænding på 4.7 V. Den teoretiske energitæthed er således meget stor. Ud fra termodynamiske overvejelser antages brutto-reaktionen at være



Dette giver et energiindhold på 5200 kJ/kg reaktanter. Til sammenligning har blyakkumulatoren 600 kJ/kg reaktanter. Praktiske energitætheder (kJ/kg celle) er erfaringsmæssigt 2-3 gange lavere. I projektets første år er der indhentet erfaringer med fremstilling og håndtering af den flydende SO<sub>3</sub> katode. For at den kan anvendes i et batteri, er det nødvendigt at tilsætte et salt. Her er fundet, at LiAsF<sub>6</sub> er anvendeligt. Desuden viser forsøg med lithiumelektroder, at de er stabile og reversible, samt at de har en rimelig lav polarisationsmodstand.

#### 15.4. Materialeforskning til batterier og brændselsceller

Alkaliionledere, iltionledere og fluorionledere undersøges i samarbejde mellem metallurgiafdelingen og fysikadelingen. Arbejdet omfatter både grundvidenskabelige studier af ionledende materials fundamentale egenskaber og mere teknologisk orienterede projekter, hvor ionledere med potentielle anvendelsesmuligheder i batteri- og brændselscelle-sammenhæng indgår.

Et EFP-81 projekt omhandlende en lang række ionledende materialer er gennemført og rapporteret i 16 publikationer.

Risø har en fremtrædende rolle inden for området fremstilling og karakterisering af de såkaldte komposit elektrolytmaterialer. En testfacilitet til cycling af genopladelige Li-batterier baseret på disse materialer er under opbygning, (EFP-82 og EFP-83 projekt).

Den seneste tids internationale udvikling i retning af anvendelse af tyndfilmdesign, hvori ionledende materialer indgår, er inkluderet i arbejdet. Et RF-sputteranlæg er installeret og indkørt til dette formål (EFP-84). Et vacuumpådampnings-anlæg til fremstilling af bl.a. Li-metalfilm er sideløbende hermed blevet opbygget.

#### 15.5. Varmelagring i grundvandsreservoir

Demonstrationsanlægget:

Ved afprøvning af det tekniske system i foråret 1984 opstod der atter en lækage i reservoiret.

For at udnytte overskudsvarmen i sommerhalvåret blev pumpesystemet reverseret, således at der blev pumpet fra centerbrønden og injiceret i randbrøndene i udkanten af reservoiret. På denne måde blev der i løbet af sommeren i alt lagret 2053 MWh.

I efteråret 1984 blev det udfra problemerne vedrørende lækage besluttet at etablere en ny og større centerbrønd.

Udvalgte steder:

Undersøgelsen af mulighederne for placering af varmelagre andre steder i landet ligger i bero på grund af de uventede omkostninger i forbindelse med den opståede lækage på demonstrationsanlægget i Hørsholm.

Forundersøgelser vedrørende lavtemperaturvarmelager:

Der er nu udført 2 borer på Risøs område. Den ene boring er 80 m dyb, og den anden er 54 m dyb.

For at undersøge mulighederne for lavtemperaturvarmelagring i området er der udført et tracerforsøg mellem de to borer. Resultatet af dette forsøg foreligger endnu ikke.

IEA-samarbejde vedrørende varmelagring i grundvandsreservoirer:

Der har i slutningen af 1984 været afholdt et ekspertmøde i Danmark med deltagelse fra Danmark, Sverige, Holland, Tyskland, Schweiz og USA.

#### 15.6. Sikkerhedsvurdering af metalhydrid i energilagring

Formålet med undersøgelsen er at tilvejebringe en sådan viden om  $MgH_2$ -pulvermateriale, at de sikkerhedsmæssige håndteringsproblemer ved en eventuel anvendelse af magnesium-baseret hydrogenlagring er rimeligt belyst.

Da magnesiumpulver under alle omstændigheder vil indgå i en sådan anvendelse, har vi anvendt dette som reference. Der findes ingen publicerede undersøgelser af  $MgH_2$ , og da en sikkerhedsvurdering rummer et meget stort antal parametre:

findeling, specifikt overfladeareal, overfladebeskaffenhed, temperatur, mekaniske forhold, varmetransport, lufttilførsel, tilstedeværelse af oxiderende og andre reaktive elementer, materialegeometri, etc., har vi fundet det hensigtsmæssigt at identificere de mest relevante anvendelses-situationer og belyse dem for magnesium, for derefter at udføre sammenlignende eksperimenter.

De kritiske forhold for pulverne vil være brand og pulverekspllosioner. For magnesium og magnesiumhydrid vil specielt reaktion med vand eller vanddamp være en kilde til temperaturstigning og frigørelse af letantændelig hydrogen.

Vi har foretaget eksperimenter med Mg-pulvere af partikelstørrelser fra 10-100  $\mu$ m og enkelte MgH<sub>2</sub>-pulvere (35-100  $\mu$ m). Eksperimenterne omfatter:

- 1) Reaktion med vand i støkiometrisk forhold ( $Mg + H_2O \rightarrow MgO + H_2$ ),
- 2) reaktion med større vandtilsætning,
- 3) afbrænding i fri luft
- 4) afbrænding i brandprøvehus,
- 5) afbrænding i brandprøvehus under vandtilførsel.

Ud fra de delvis instrumenterede og filmede eksperimenter er opstillet en Mg-MgH<sub>2</sub> sammenligningsprogram, som omfatter alle de nævnte forsøg, dog vil forsøget i fri luft erstattes af indendørs forsøg med styret lufttilførsel.

De foreløbige resultater indikerer, at der bør foreligge meget klare håndteringsforskrifter, men at en rigtig fremgangsmåde - frem for alt undgåelse af spredning eller vandtilførsel - gør en eventuel antændelse relativt ukritisk.

### 15.7. Kemisk energilagring ved hjælp af metalhydrider

Metallurgiafdelingens afprøvning af et ca. 2 kWh kemisk energilager baseret på hydrogenoptagelse i findelt magnesium nærmer sig sin afslutning.

Ud fra de gennemførte undersøgelser kan vi konkludere:

1. Lageret fungerer med ca. 85% af den teoretiske kapacitet.
2. Cyclingstiden for optagelse af hydrogen (dannelse af hydrid) og afgivelse (spaltning af hydrid) varer 2-3 timer, hvilket er tilfredsstillende for et døgnlager.
3. Reaktionstiden er bestemt af varmeledning (afgivelse under hydridannelsen) og den tilførte effekt (under hydrogenfrigivelsen). Begge kan forbedres væsentligt i forhold til vor model, således at den samlede cyclingstid kan bringes ned mod de ca. 20 min., der må anses for optimalt ved en energilagring i større omfang.
4. Langtidsstabiliteten er tilfredsstillende, idet magnesiumpulvermassen forbliver porøs med stor specifik overflade trods en vis sammensintring, og da eventuel forurening af den anvendte hydrogen med luft og vanddamp kun resulterer i et beskedent forbrug - irreversibel omdannelse af MgO - der nedsætter kapaciteten uden at ændre kinetikken.
5. Håndtering og indeslutning af det reaktive, findelte magnesiummateriale kræver ingen komplicerede løsninger. Sikkerhedsforskrifter er dog omfattende og ufravigelige.
6. Styling af lagring og forbrug er - inden for de fysiske rammer sat af varmeledning i det benyttede anlæg - meget enkle og præcise. Ved forbrug kan man holde en konstant effekt, indtil praktisk talt hele den lagrede hydrogenmængde er frigjort.

7. Materialeinvesteringen vil med dagens markedspriser belaste hver kWh lagret med 3-4 øre forudsat en daglig cyclus i tre år. Anlægsinvesteringerne vil afhænge meget af lagerstørrelse, og det er temmelig usikkert, hvor hurtigt et anlæg må afskrives. For lagre i størrelsen 100 - 1000 kWh er det rimeligt at forvente samme udgiftsstørrelse som til magnesiumpulveret.

Det egentlige problem vil være de meget store omkostninger eller tab ved produktion af hydrogen fra en primærenergikilde. Ved anlæg af moderat størrelse kan p.t. kun elektrolyse komme på tale, og her findes i dag ikke prismæssigt egnende anlæg.

Projektet vil blive afsluttet i 1985 med en evaluering af variable lagringsbetingelser, undersøgelse af en mulig øgelse af afsætningseffektiviteten over de omtalte ca. 85%, og en mere detaljeret vurdering af lagringsøkonomi og mulige anvendelsesområder.

## 18. Udredninger og dokumentation

### 18.1. Strukturelle ændrings betydning for det danske energiforbrug

Projektets formål er at foretage en metodisk og empirisk undersøgelse af, hvordan udviklingen i erhvervenes energiforbrug har været påvirket af:

- a. Ændringer i sammensætningen af erhvervenes produktion.
- b. Ændringer i forholdet mellem dansk produktion og import.

Projektets baggrund har været, at det danske produktionsvolumen i løbet af 70'erne steg med knapt 30%, mens det hertil benyttede energiforbrug kun steg med ca. 10%. Dette betyder, at det gennemsnitlige energiforbrug pr. produktionsenhed faldt med ca. 15%, og et så væsentligt fald må betyde, at der er sket betydelige strukturelle ændringer indenfor og mellem erhvervene.



Ændringer mellem erhvervene er tidligere blevet delvist analyseret ved anvendelse af statistisk, komparative input-output analyser, idet disse er et velegnet redskab til at belyse samspillet mellem produktionssystemet og den endelige efterspørgsel. I disse undersøgelser har imidlertid ikke været inddraget de forskydninger mellem danske erhverv, som kan forklares ved et ændret forhold mellem dansk produktion og import.

Sådanne ændringer i importkvoter vil kunne fremkalde ændringer i både de indbyrdes sammenhænge mellem danske erhverv og i den erhvervsmæssige sammensætning af den dansk leverede del af den endelige efterspørgsel og vil således få både direkte og indirekte betydning for erhvervenes energiforbrug.

Et andet forhold, der kræver yderligere belysning er de forandringer, der løbende sker i varesammensætningen af erhvervenes produktion.

Forskydninger mellem varer af f.eks. forskellig forarbejdningsgrad vil kunne ændre energiforbruget pr. produceret enhed betydeligt, og det er væsentligt at kunne adskille disse påvirkninger fra dem, der direkte stammer fra energibesparende foranstaltninger etc. Der foreligger imidlertid ingen undersøgelse af, i hvor høj grad der er sket sådanne forskydninger inden for dansk erhvervsliv, men med detaljerede oplysninger for en periode på 15 år (1966-80) vil det sandsynligvis være muligt at skaffe sig et groft overblik over problemets omfang.

Projektets afslutning vil være en samlet analyse af udviklingen i erhvervenes energiforbrug fra 1966 til 1980, hvori de 2 ovennævnte former for strukturelle ændringer er søgt indarbejdet.

## 18.2. Systemanalyse vedrørende kul og kernekraft

Projektet omfattede en analyse af indpasningen af kernekraftværker i det fremtidige danske elsystem til brug for Energiministeriets kul/kernekraftredegerelse. Formålet var at vurdere de økonomiske fordele og ulemper ved etablering af et antal kernekraftenheder i Danmark under forskellige forudsætninger om udbygning af elsystemet, elforbrug, kraftvarmelevering, brændselspriser m.v.

Til analysen blev anvendt 2 modeller til simulering af det danske elsystem, DES og SIMULACHRON.

DES-modellen har i flere år været anvendt til simulering af det danske energisystem. El- og kraftvarmeproduktionen simuleres ved at optille varighedskurver for elforbruget i vinter- og sommerhalvårene, hvorefter modellen beregner produktionen på de enkelte kraftværksenheder og brændselsforbruget.

SIMULACHRON-modellen beregner produktionen på de enkelte kraftværksenheder og brændselsforbrug på grundlag af værdierne for el- og varmeforbrug givet med 2-timers mellemrum. Denne model giver således et mere detaljeret grundlag for at vurdere produktionsforholdene i elsystemet, men kræver en betydelig regnetid større end DES.

Den økonomiske fordel ved en kernekraftenhed er meget afhængig af, hvor meget værket producerer, og hvilken elproduktion, der erstattes. Der spares således væsentligt mindre i brændselsudgifter, hvis kernekraftværket erstatter kraftvarmeproduktion, end hvis det er ren elproduktion, der erstattes. Elsystemets betydning for den økonomiske fordel ved kernekraftenhed nr. 1 til 5 er belyst ved den belastningsfaktor, enheden kan opnå, og den kraftvarmeproduktion, enheden fortrænger. Beregningerne er foretaget ved hjælp af DES-modellen for et stort antal scenarier, og med SIMULACHRON-modellen for enkelte udvalgte scenarier. Der er rimelig overensstemmelse mellem resultaterne fra de to modeller, men resultaterne er meget følsomme over for antagelser om efterspørgslens variation.

Resultaterne indgår i Energiministeriets rapport "Kul-Kernekraft" afsnit 4.9 og 6.5.

Metoden kan anvendes til analyse af indpasningen af andre teknologier i elsystemet, f.eks. vind og decentral kraftvarme.

### 18.3. Teknisk-økonomisk prognosemodel for industriens energiforbrug

Formålet med dette projekt er at udvikle en model, der giver en prognose for den økonomiske udvikling og konverterer denne til en prognose for industriens energiforbrug. Projektet kan opdeles i følgende 3 faser:

- 1) En teknisk og økonomisk analyse af den hidtidige udvikling i industriens energiforbrug,
- 2) opstilling og estimation af modellens relationer og
- 3) programmering af en simuleringsmodel.

Af disse faser er den første gennemført og den anden igangværende.

Ser man på udviklingen i industriens samlede energiforbrug siden 1966 (fig. 1) viser analyserne foretaget på en mere detaljeret opdeling af industrien i underbrancher, følgende overordnede tendenser:

- a) Helt frem til 1978 er udviklingen i industriens energiforbrug og produktion næsten sammenfaldende. Det faldende energiforbrug i årene 1973-75 skyldes overvejende et jævnt fald i industriens produktion, og de begrænsede "reelle" energibesparelser synes i denne periode primært opnået ved "Energy management".
- b) Efter 1978 må det faldende energiforbrug tilskrives følgende effekter, der hver forklarer ca. 1/2 af faldene:

1) Ændringer i industriens produktionssammensætning. Skønt industriens samlede produktion er vokset efter 1978, er der sket ganske betydelige produktionsnedgange i nogle af de mere energi-intensive brancher, primært inden for byggebranchen.

2) Effekter af energibesparende foranstaltninger. De foranstaltninger, der blev initieret af den 1. energiprisstigning, synes først at slå fuldt igennem efter 1978.

c) Endelig er der en tendens til at skifte fra flydende brændsel til både el og fast brændsel.

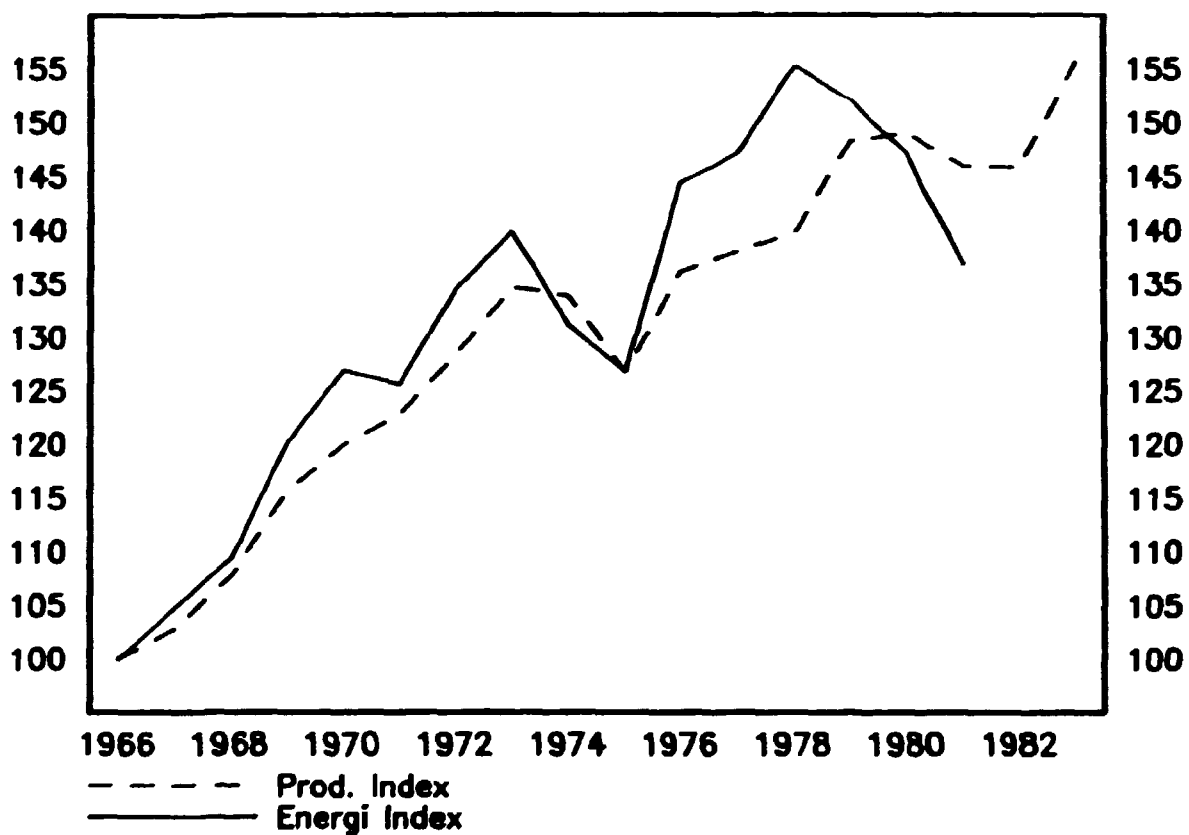
For den fremtidige udvikling må man således forvente følgende tendenser for industriens energiforbrug:

- En tendens til et stigende energiforbrug på grund af en relativt stor stigning i de energi-intensive branchers produktion, dog kan man ikke forvente en fuld tilbagevenden til produktionssammensætningen fra før energiprisstigningerne, da en del af de energi-intensive produktioner er stoppet helt.
- En tendens til et fortsat faldende energiforbrug som følge af yderligere indtrængen af energibesparende foranstaltninger, og endelig en fortsat tendens til at skifte fra flydende brændsel til el. Mulighederne for en yderligere kulanvendelse direkte i industrien synes derimod begrænsede.

**Fig.1: Udviklingen i industriens samlede energiforbrug og produktion.**

Udviklingen i industriens samlede energiforbrug og produktion.

Index: 1966=100



#### 18.4. EDB-registrering af dansk FOU

Risø Bibliotek har fortsat den løbende indsamling, analyse og EDB-registrering af dansk energilitteratur og danske energiforskningsprojekter. Analysen består i udvælgelse af en række specifikke emneord, der tilsammen beskriver dokumenternes/projekternes faglige indhold, samt i udarbejdelse af et resumé af dokumenterne, hvis dette ikke foreligger fra forfatterens side.

Registreringerne er indgået i en række energiinformationsdatabaser (U.S. Department of Energy's ENERGY DATA BASE, IEA's COAL ENERGI INDEKS) i overensstemmelse med retningslinier vedrørende emne/niveau for disse databaser.

Oplysninger om igangværende danske energiforskningsprojekter er endvidere indgået i Nordisk Ministerråds katalog over nordiske energiforskningsprojekter, hvis udgivelse varetages af Risø Bibliotek (Energy Research and Development Projects in the Nordic Countries. Directory 1984).

Endelig er der udarbejdet oversigter over EFP-projekter inden for områderne "Kul" og "Energianvendelse i industrielle processer og apparater" til de respektive EFP-styregrupper.

Der er indledt samarbejde med EF DG XVII vedrørende optagelse af beskrivelser af danske energidemonstrationsprojekter i EF's database SESAME.

Markedsføring af databaserne og projektkataloget er søgt varetaget gennem udsendelse af informationsmateriale til potentielle brugere, annoncering i fagblade, samt præsentation og demonstration af databaserne på Bella-Center-messen "Industrikontakt 84" og på "Konference om energiministeriets forskningsprogrammer"

Sammenfattende kan det siges, at registreringsprojektet

- medvirker til at udbrede kendskabet til dansk energiforskning,
- sikrer, at Danmark kan indgå informationsudvekslingsaftaler med andre lande og derigennem få adgang til væsentlige informationssystemer inden for energiområdet, samt
- danner grundlag for dansk deltagelse i nordiske energiinformationsprojekter.

#### 18.5. Information

Risø bistår Energiministeriet med at informere om energiforskningsprogrammerne på udstillinger landet over. Et hovedelement har været udstillinger i forbindelse med Nordisk Energi-messe (Aalborg), Danenergi (Herning), Fremtidens Teknologi (Århus) og ved Energiforskningskonferencen i Bellacentret (København). Nogle af disse udstillinger har været ledsaget af foredrag. I informationsvirksomheden har der været behandlet emner fra alle forskningsprogrammernes områder.

I forbindelse med Risøs biblioteksvandreudstilling har der i Billund, Birkerød og Silkeborg været plads til i vekslende omfang at arrangere udstillinger om energiforskningsprogrammet.

Endvidere bistår Risø Energiministeriet med sekretariatsopgaver, fx for ministeriets styregrupper for kulforskning og for forskning i industrielle processer.

## RESSOURCER

Den indsats, som i de foregående afsnit blev beskrevet som enkeltaktiviteter, involverer direkte medarbejdere i de fleste af Risøs afdelinger og anlæg. Mange projekter gennemføres ved medvirken fra flere afdelinger, hvorigennem Risøs muligheder for at gennemføre opgaver i projektorienteret tværfaglig organisation demonstreres. De fleste projekter har udbytte af den tekniske og administrative service, der kan ydes fx af centralværksted, tegnestue og regnemaskineanlæg. Tabel 3.1. indeholder oplysninger om de energiministerielle projektmidler, der er til rådighed for de forskellige aktiviteter, men ikke de midler, der tilføres projekterne af anden art, fra Risøs egne bevillinger eller tilskud fra EF og nordiske forskningsprogrammer. Det ses, at der foreligger bevillinger på i alt 152.8 mio kr. frem til 1986. Ud af disse modtager Risø 11.7 mio kr. som underleverancer til andre energiministerielle programmer. De midler, der tilgår Risø, dækker ikke de totale omkostninger ved projekternes gennemførelse, men dækker alene de netto meromkostninger, som Risø må afholde. I modsætning hertil beregner Risø sig i forbindelse med kommercielle kontrakter et løbende "overhead" på 100-200%. De fleste af de energiministerielle projekter gennemføres som anvendelsesorienterede projekter, der viderefører den ekspertise, der er opbygget ved mangeårigt arbejde på Risø. Fig. 3.1. viser den del af de totale energiministerielle midler, som er bevilget til Risø, og figur 3.2. giver regnskabsoplysninger om de hidtil forbrugte midler. Det fremgår, at en ikke ubetydelig del af bevillingerne medgår til fremmede tjenesteydelser, dvs. kanaliseres gennem Risø til underleverandører. Sluttelig giver tabel 3.2. en oversigt over Risø-repræsentationen i styregrupperne.



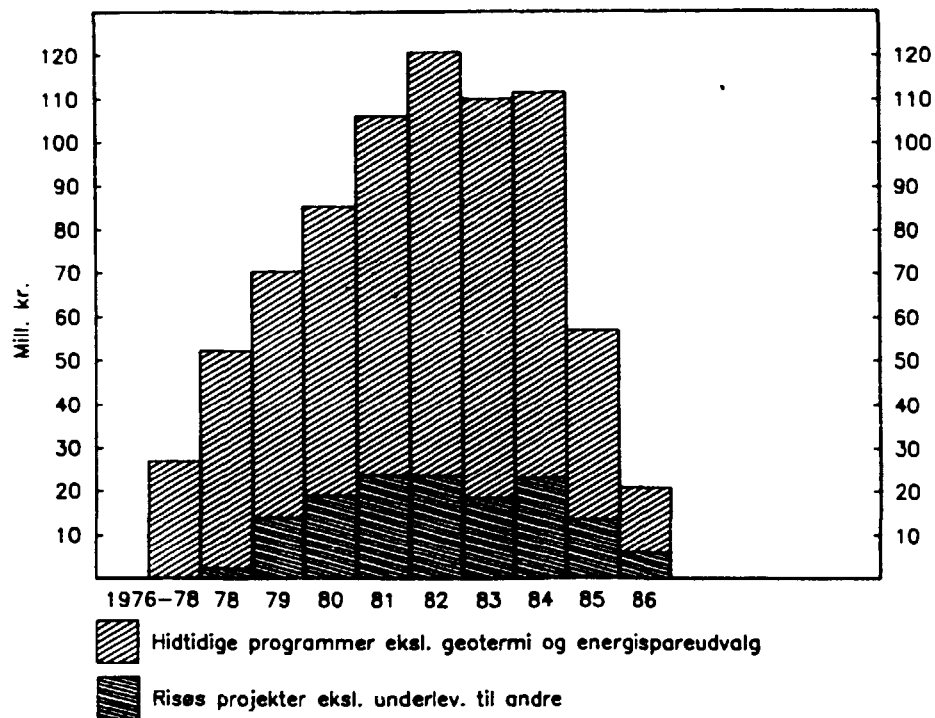


Fig. 3.1. Risø's projekter som del af de samlede energiministerielle programmer

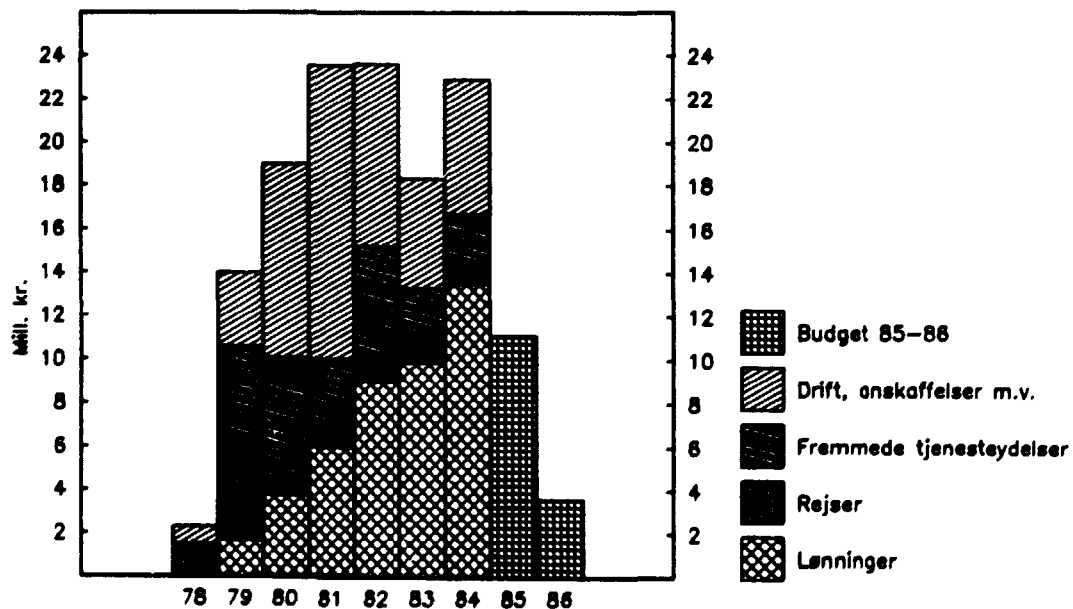


Fig. 3.2. Risø's bevillinger af EFP-midler opdelt efter anvendelse

Tabel 3.1.

Område	EM 1 & 2	EFP- 80	EFP- 81	EFP- 82	EFP- 83	EFP- 84	Under- lev.	Total
2. Industri- elle proc.					400	2845	1705	4950
3. Landbrug		600			200	825		1625
4. Transport							1470	1470
5. Olie & gas			1100	1725	1310	1425		5560
6. Kul				1200	2800	3110	320	7430
7. Uran	36450	4000		1200	915		990	43555
8. Fusion	7000	3000		2000	2600	3080		17680
9. Sol							295	295
10. Vind	5000	2900	4090	6125	4750	4995	7800	35660
11. Biomasse			540					540
12. Fjernvarme								
13. Varme- pumper			650	600	750		100	2100
14. Fyr og flamme			600			200		800
15. Energi- lagring	6650	1850	5435	2525	4420	4800		25680
17. Udredn. & & int. sam-								
18 arbejde		1200		490	885	1962	920	5457
	55100	13550	12415	15865	19030	23242	13600	152802

Oversigt over de dele af de energiministerielle forskningsprogrammer, der forvaltes på Risø. Beløbene angiver kun en del af de midler, der er til rådighed for projekterne, idet midler, der tilføres fra Risøs egne bevillinger eller andre kilder ikke er medregnet. I 1984 tilførtes endvidere 1825 kkr under aktstykke 118, hovedsageligt til område 5, olie & gas.

Tabel 3.2. Risø repræsentation i styregrupper

<u>Styregruppe vedrørende</u>	<u>Risø repræsentant</u>	<u>Kommentarer</u>
2. Industrielle processer	Civing.Niels Kilde, systemanalyseafdeling	N. Kilde er sekretær for gruppen
3. Jordbrug	Ingen	Rt.chef Ib Skovgaard er medlem af Risøs bestyrelse
4. Transport	Civing. E. Adolph, metallurgiafdeling	
5. Olie & gas	Underdirektør Ingvard Rasmussen	
6. Kul	Direktør Niels E. Busch	Civiling.P.Skjerk Christensen er se- kretær for gruppen
7. Uran	Civing.Leif Løvborg, elektronikafdeling	
8. Fusion	Ingen	
9. Sol	Afd.leder.lic.tech. Hans Larsen systemanalyseafdeling	
10. Vind		
- Prøvestationen for vindmøller	Afd.leder,lic.tech. E.L. Petersen meteorologiafdeling	Civing. C.J. Christensen er projektleder
- EM og El-værkernes vindenergiprogram	Underdirektør, dr.phil. H. Bjerrum Møller	
11. Biomasse		Rt.chef Ib Skovgaard er medlem af Risøs bestyrelse
12. Fjernvarme	Ingen	
13. Varmepumper	Civing. Jørgen Westermann, forsøgssektion	
14. Fyrings- og forbræn- dingsteknik	Civing. Aksel Olsen energiteknikafdeling	
15. Energilagring	Afd.leder, dr.techn. Niels Hansen, metallurgiafdeling	
17 & 18. Udredninger og dokumentation		
Uden nr. Vand & bølgeenergi	Ingeniør Jørgen Jensen, kemiafdeling	

**REFERENCELISTE**

- 1.1. Risø's indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer, sept. 82. Risø-M-2362.
- 1.2. Risø's indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer, status ultimo december 1983, Risø-M-2433.
- 3.1. Haahr, V., Jensen, E.S., Sørensen L.H. (1985) Kvalstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. IV. Eftervirkning af frøbælgplanter. Risø-M-2455, pp.25.
- 3.2. Jensen, E.S., Andersen, A.J., Sørensen, L.H., Thomsen, J.D.. (1985) Kvalstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. II. Symbiotisk N<sub>2</sub>-binding og kvælstofgødsning af frøbælgplanter. - Risø-M-2428, pp. 91.
- 3.3. Jensen, E.S., Haahr, V., Sandfær, J., Thomsen J.D. (1985) Kvalstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. III. Samdyrkning af ært og byg. Risø-M-2488, pp. 160.
- 3.4. Jensen, E.S., Engvild, K., Skot, L., Sørensen, L.H. (1985) Kvalstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. V. Forekomst og N<sub>2</sub>-bindingseffektivitet af rodknoldbakterien Rhizobium leguminosarum. - Risø-M-2477, pp. 66.
- 3.5. Rosendahl, Lis (1984) Rhizobium strain effects on yield and bleeding sap amino compounds in Pisum sativum. - Physiol. Plant. 60: 215-220.
- 5.1. Klint Jensen, P., Risø, Reffstrup, Jan, DtH. Simulations of a Well Test on The DAN Field ME-2 Well, Risø-M-2388, February 1984.
- 5.2. Bech, Niels Simulation on Enhanced Oil Recovery Methods in Danish Oil and Gas Reservoirs, Risø-M-2416, February 1984.
- 5.3. Bech, Niels Classification of Reservoir Simulators, Risø-M-2421.
- 5.4. Bech, Niels The EFP Basic Reservoir Simulation Model - for Mathematical Formulation and Numerical Solution Approach, Risø-M-2425, April 1984.

- 5.5. Bech, Niels                      The EFP-basic Reservoir Simulation Model - Code Structure Proposal, Risø-M-2463, April 1984.
- 5.6. Klint Jensen, P.                The Horizontal Fracture Well Testing Model, Risø-M-2487, February 1985.
- 5.7. Klint Jensen, P.  
      et al.                            Modelling Burial History, Temperature and Maturation, Artikel, November 1984
- 5.8. Rathmann, O., Dall, H.  
      (ETA, Risø) Gottlieb,  
      L., Asp Hansen, E.,  
      (LICconsult) Hansen,  
      J.A., (Institut for  
      Kemiteknik, Dth)                MULTWO: Compositionel Computer Model for Transient Oil/Gas Two-Phase Flow. 1st Year Progress Report (1984). Risø-M-2490, Feb. 1985.
- 6.1. Nielsen, T., Seitz,  
      B., Ramdahl, T.                Occurrence of nitro-PAH in the atmosphere in a rural area. Atmos.Environ. 18, 2159-65 (1984)
- 6.1. Nielsen, T.                      Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons towards nitrating species. Env. Sci. Technol. 18, 157-163 (1984)
- 6.3. Nielsen, T.                      Karakterisering af polycyclisk organisk materiale (POM) i røg-gasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg i atmosfæren og undersøgelse af deres cndannelse i atmosfæren. Risø-M-2420 (1984).
- 10.4. Taylor, P.A.,  
      Tennissen, H.                    The Askervein Hill project. Report on the Sept./Oct. 1983 Main Field Experiment, Report No. MSRB-84-6 Atmospheric Environment Service Canada.
- 10.5. Jensen, N.O.,  
      Frandsen, S.                      Atmospheric turbulence struture in relation to wind generator design. Second Int. Symp. Wind Energy Systems, Amsterdam, October 3-6, 1978.

- 14.1. Lading, L., et al. Time-of-Flight Laser Anemometer for Velocity Measurements. Applied Optics, Vol. 17, May 1978.
- 14.2. Hanson, S., et al. Størrelsesbestemmelse af planktonorganismer, Risø, januar 1984.
- 14.5 Vigeholm, B., Kjøller, J., Larsen, B., Schrøder Pedersen, A. Formation and Decomposition of Magnesium Hydride. J. Less-Common Metals 89, 1983. 135-144.
- 14.6 Vigeholm, B., Kjøller, J., Larsen, B., Schrøder Pedersen, A. Cycling Performance of the Magnesium Hydride System. I Hydrogen as an Energy Carrier. Proceedings of the 3rd International Seminar Lyon, 25-27 May, 1983. Edited by G. Imarisio and A.S. Strub. (Reidel, Dordrecht, 1983) (EUR 8651). 442-456.
- 14.7. Schrøder Pedersen, A., Kjøller, J., Larsen, B., Vigeholm, B., Jensen, J.A. Long-term Cycling of the Magnesium Hydrogen System, Int. J. Hydrogen Energy 9, 1984. 799-802.
- 14.8. Schrøder Pedersen, A., Kjøller J., Larsen, B., Vigeholm B. On the Hydrogenation Mechanism in Magnesium I. I Proceedings at the 5th World Hydrogen Energy Conf., Toronto, 15-20 July 1984. Edited by T.N. Veziroglu and J.B.Taylor (Pergamon Press, N.Y. 1984) 1269-1277.
- 14.9. Vigeholm, B., Kjøller, J., Larsen, B., Schrøder Pedersen, A., On the Hydrogenation Mechanism in Magnesium II. I Proceedings of the 5th World Hydrogen Energy Conf. Toronto, 15-20 July 1984. Edited by T.N. Veziroglu and J.B. Taylor (Pergamon Press, N.Y. 1984) 1455-1463.
- 14.10.Vigeholm, B. Magnesium as an Energy Material. I Proceedings of the 41st World Magnesium Conf. London, 10-13 June 1984. Edited by International Magnesium Association, Dayton, Ohio, 1984. 59-63.

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| Vigeholm, B.<br>(foredrag) | Effect of oxygen on the Mg-Reaction. Presented at the Int. Symp. on the Properties and Applications of Metal Hydrides IV. Eilat, Israel, April 11. 1984. |
| Vigeholm, B.<br>(foredrag) | Risø's program for brintlagring og brændselscelleudviklingen.  |
- 
- |  |   |
|--|---|
| 15.1. Owen, J.R., Maskell<br>W.C., Steel, B.C.H.,<br>Nielsen, T.S., Toft<br>Sørensen, O. | Solid State Ionics 13(4), 1984,<br>329.   |
| 15.2. Schrøder Pedersen, A.,<br>Kjøller, J., Larsen,<br>B., Vigeholm, B.                 | Magnesium for Hydrogen Storage.<br>Int. J. Hydrogen Energy 8,<br>1983. 205-211.   |
| 15.3. Schrøder Pedersen, A.,<br>Juul Møller, P., Toft<br>Sørensen, O.                    | On the Surface Reaction of Hydrogen with FeTi. Phys., Scr. T4,<br>1983. 83-85.  |
| 15.4. Vigeholm, B., Kjøller,<br>J., Larsen, B., Schrøder<br>Pedersen, A.                 | Hydrogen Sorption Performance<br>of Pure Magnesium during Continued<br>cycling. Int. J. Hydrogen<br>Energy 8, 1983. 809-817 |

## APPENDIX

### Status vedrørende EFP-85 tilsagn

Risø har fået tilsagn om tilskud til en række projekter under EFP-85. Budgetrammen inden for de enkelte projektområder er vist nedenfor med det beløb, der pr. 15. juni 1985 er modtaget tilsagn om. Det bemærkes, at visse tal indeholder beløb, som vedrører omkostninger hos andre deltagere i projekterne, men hvor det samlede beløb administreres af Risø. Andre tal indeholder beløb, som Risø på lignende måde modtager som deltager i projekter, hvor institutioner uden for Risø har projektledelsen. Korte projektbeskrivelser er tilgængelige på Risøs bibliotek og i databasen "Nordisk Energi Index".

#### Tilsagn modtaget kkr.

1. Energianvendelse i bygninger	0
2. Industrielle processer	200
3. Energianvendelse i jordbrugssektoren	0
4. Energianvendelse i transportsektoren	0
5. Olie og naturgas	2340
6. Kul	3920
7. Uran	0
8. Fusion	3650 +)
9. Solenergi	0
10. Vindenergi	4750
11. Anvendelse af biomasse til energiformål	0
12. Fjernvarme	0
13. Varmepumper	0
14. Fyrings- og forbrændingsteknik	2000
15. Energilagring	5705
16. Innovationsstøtte	0
17. Internationalt samarbejde	120
18. Udredninger og dokumentation	1162

+ ) Der forventes yderligere  
2000 kr. under område 8.



2514

Risø - M -

<p>Title and author(s)</p> <p>THE CONTRIBUTION OF RISØ NATIONAL LABORATORY TO THE RESEARCH DEVELOPMENT PROGRAMS OF THE DANISH MINISTRY OF ENERGY</p> <p>Status per December 1984</p>	<p>Date December 1984</p>
	<p>Department or group</p> <p>Marketing</p>
	<p>Group's own registration number(s)</p>
<p>80 pages + tables + illustrations</p>	
<p>Abstract</p> <p>Since 1978 Risø has been responsible for a number of projects in the research and development programs of the Danish Ministry of Energy.</p> <p>This report gives a review of current and finished projects. All current projects are described briefly, stating status and results obtained, while the results of finished projects are described in more detail.</p> <p>Risø's contribution of the organization and the administration of the programs is mentioned. Finally a list of references is given.</p> <p>Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory (Risø Bibliotek), Forsøgslæg Risø), DK-4000 Roskilde, Denmark Telephone: (03) 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116</p>	<p>Copies to</p>